ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.943— 2017

Государственная система обеспечения единства измерений

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ. СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Теллуритные стекла системы $TeO_2 + R_2O$ и их расплавы. Теплопроводность в диапазоне температур от 300 К до 800 К и концентраций окислов щелочных металлов R_2O

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Главным научным метрологическим центром «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов» (ГНМЦ «ССД»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 180 «Стандартные справочные данные о физических константах и свойствах веществ и материалов»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 декабря 2017 г. № 2080-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, оформление, 2018, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Общие положения 2
4 Стандартные справочные данные о теплопроводности теллуритных стекол системы $TeO_2 + R_2O$ в диапазоне температур от 300 К до 800 К и различных концентрациях окислов щелочных металлов 6
Приложение А (справочное) Температурные зависимости теплопроводности теллуритных стекол и их расплавов 12
Библиография 17

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ. СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Теллуритные стекла системы $TeO_2 + R_2O$ и их расплавы. Теплопроводность в диапазоне температур от 300 К до 800 К и концентраций окислов щелочных металлов R_2O

State system for ensuring the uniformity of measurements. National standard. Standard reference data. Tellurite glasses of system $TeO_2 + R_2O$ and their fusions. Thermal conductivity in the temperatures range from 300 K to 800 K and concentration of oxides of alkaline R_2O

Дата введения — 2018—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на стандартные справочные данные (ССД) о теплопроводности теллуритных стекол (ТС) системы $TeO_2 + R_2O$ и их расплавов в диапазоне температур от 300 К до 800 К и концентраций окислов щелочных металлов R_2O, мол %: Li_2O (20, 25); Na_2O (12, 16, 20, 28); K_2O (13, 16, 19, 22); Rb_2O (12, 16, 19); Cz_2O (12).

Настоящий стандарт предназначен для использования ССД о теплопроводности ТС системы $TeO_2 + R_2O$ и их расплавов в диапазоне температур от 300 К до 800 К при синтезе стекол с заданными свойствами, их выращивании определенного состава и размеров, а также при изготовлении различных приборов и устройств.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 34100.3 ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения

ГОСТ Р 8.614 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Общие положения

3.1 ТС являются новым классом неорганических стекол, стеклообразующей компонентой в которых выступает диоксид теллура (парателлурит TeO_2). Они обладают теми отличительными согласно [1], [2] свойствами, которые используют при создании различных приборов и устройств, как то: высоким для видимой области спектра показателем преломления, а также высоким показателем акустооптического взаимодействия в сочетании с низким коэффициентом затухания ультразвука. Высокое значение диэлектрической проницаемости на частоте 10^6 Гц при низких температурах размягчения позволяет широко применять ТС в микроэлектронной технике. Кроме того, многие ТС являются диамагнитными материалами с высоким значением постоянной Верде, весьма перспективными для применения в градиентной оптике, так как из-за малой теплопроводности из них можно получить наиболее высокоапертурные градиентные стекла. Активированные редкоземельным элементом ТС имеют квантовый выход люминесценции и большие значения вероятностного излучения, что позволяет применять их в лазерной технике, а также благодаря высоким для видимой области спектра значениям коэффициента отражения — при создании концентраторов солнечной энергии, так как КПД концентратора тем выше, чем больше коэффициент отражения материала.

Физико-механические свойства и структура ТС системы $TeO_2 + R_2O$ исследованы частично, а теплопроводность, данные о которой необходимы и для улучшения технологического режима получения материалов, и для расчета рабочего режима приборов и устройств на их основе, плохо исследована.

Использованные надежные методики измерений и полученные экспериментальные данные представлены в таблицах 1—5, в которых приведены средние значения теплопроводности для трех-четырех образцов каждого состава при температуре от 300 К до 800 К с интервалом в 20 К. Максимальное отклонение экспериментальных данных от среднего значения (абсолютная погрешность) не превышает 5 %.

Для некоторых составов ТС с наименьшим содержанием модификатора составлены уравнения для расчета значений теплопроводности и представлены графики для сравнения расчетных и экспериментальных данных. Для других составов с данным модификатором можно использовать эти уравнения с другими коэффициентами. Экспериментальные данные о теплопроводности для всех стекол и их расплавов согласуются с расчетными из уравнений значениями в пределах от 90 % до 96 %.

Экспериментальные данные о теплопроводности для области размягчения стекол вблизи пика температурной зависимости не представляется возможным объяснить составленными уравнениями.

Приведенные в таблицах данные о теплопроводности могут быть использованы при решении ряда задач технологического характера: синтезе ТС с заданными свойствами, выращивании стекол определенного состава и размеров, изготовлении различных приборов и устройств. Данные, приведенные в указанных таблицах, будут применять при расчетах теплового режима работы всех приборов и устройств, изготовленных с использованием исследованных веществ.

3.2 Основные элементы для синтеза — окислы TeO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, Rb_2O, Cz_2O, являющиеся кристаллическими, и сплавы окислов щелочных металлов с парателлуритом, которые при определенном режиме синтеза и закалки дают ТС. Области стеклообразования в диаграммах состояния этих сплавов приведены в [3] и в пределах этих областей для изучения влияния структуры и состава на теплопроводность подобраны составы: TeO_2 + 20 и 25 мол % Li_2O; TeO_2 + 12, 16, 20 и 28 мол % Na_2O; TeO_2 + 13, 16, 19 и 22 мол % K_2O; TeO_2 + 12, 16 и 19 мол % Rb_2O; TeO_2 + 12 мол % Cz_2O.

Для получения ТС определенного состава тщательно взвешенный молярный состав смеси окислов парателлурита и щелочного металла закладывают в кварцевые тигли, предварительно промытые плавиковой кислотой, остатки которой удалялись дистиллированной водой. Для удаления следов органических веществ с поверхности кварца кварцевые тигли промывают спиртом-ректификатом и еще раз дистиллированной водой. Кварцевые тигли со смесью окислов закладывают в муфельные печи сопротивления, нагревают до температуры от 1000 до 1050 К и тщательно непрерывно перемешивают. Для получения образцов определенной формы и размеров расплав смеси отливают в предварительно нагретую до температуры 650 К металлическую форму, тщательно промытую от органических загрязнений. Закаленные таким способом ТС в дальнейшем отжигают при этой температуре в муфельной печи. Согласно результатам химического анализа ТС с максимальным содержанием окиси щелочного металла (20 мол %) отклонение синтетического состава от аналитического незначительное, что объясняется невысоким значением температуры синтеза этих ТС.

Стеклообразную структуру и их фазовый состав определяют визуально (по зеркальному блеску поверхности и характерному хрупкому излому) и по микроструктурному анализу. Микроструктурный

анализ проводят в основном измерением микротвердости в различных точках поверхности полученного слитка и металлографическим микроскопом МИМ-7. Микрошлифы и данные по микротвердости, полученные в разных точках поверхности слитка, свидетельствуют об однородной и однофазной структуре образцов исследуемых ТС.

Для исследования высокотемпературной теплопроводности ТС и химически агрессивных, склонных к испарению и разложению их расплавов использован абсолютный компенсационный метод плоского слоя в стационарном тепловом режиме [4].

Принципиальная схема установки для измерения теплопроводности абсолютным компенсационным методом представлена на рисунке 1.

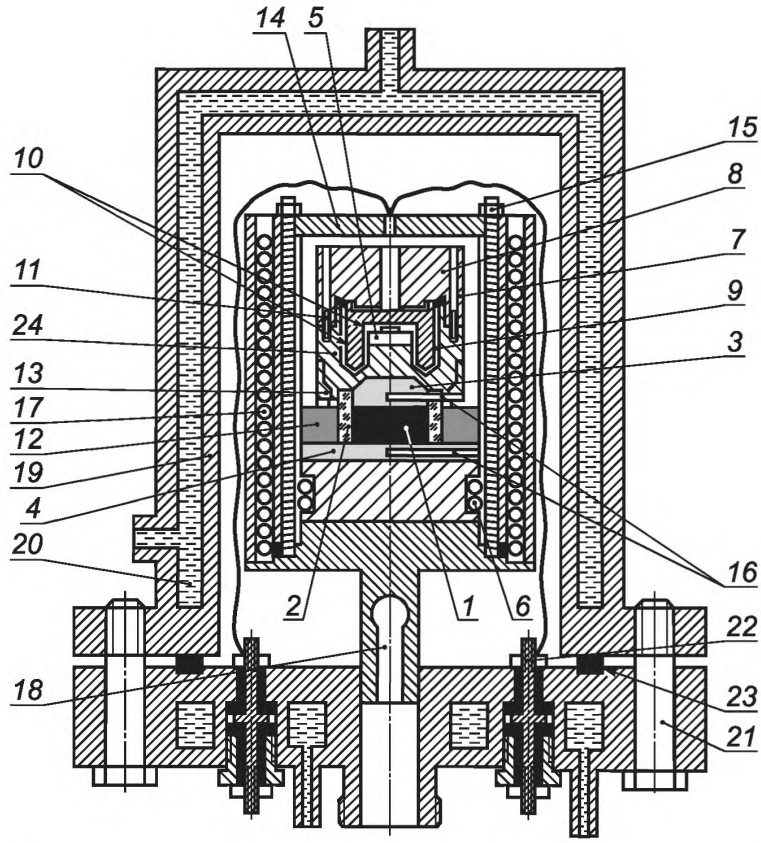

Рисунок 1 — Принципиальная схема установки для измерения теплопроводности полупроводников и их расплавов плоским компенсационным методом

Образец исследуемого вещества (*1*) в виде таблетки (d = 30 мм и толщиной от 5 до 6 мм) закладывают в кварцевое кольцо (*2*) соответствующих размеров и зажимают между рабочими поверхностями (*3*, *4*) градиентного нагревателя (*5*) и холодильника (*6*). Компенсируя боковые и торцевые тепловые утечки компенсационным нагревателем (*7*), намотанным на цилиндрический каркас (*8*) из нержавеющей стали, тепловую мощность Q, выделяемую градиентным нагревателем, направляют через исследуемый образец, создавая в образце линейный тепловой поток и перепад температуры ΔT. Поверхности цилиндрического зазора (*9*) между градиентным и компенсационным нагревателями покрыты медной фольгой (*10*), изолированной от корпуса нагревателей слюдяной пластинкой.

Медное покрытие у вершины его конического основания имеет разрыв, благодаря чему изолируется медная фольга на поверхности рабочего нагревателя от фольги на внутренней поверхности компенсационного нагревателя. Цилиндрический зазор (*9*) между внешней поверхностью градиентного

нагревателя и внутренней поверхностью компенсационного нагревателя заполнен порошком закиси меди. Закись меди в зазоре хорошо уплотнена прессом и зажимными болтами (*11*) для получения качественного контакта закиси меди с медным покрытием.

Система, состоящая из двух поверхностей медной фольги с закисью меди между ними и выводы от которой подведены к высокоточному терморегулятору, образует высокочувствительный поверхностный термоэлемент (термоэдс α = 700 мкВ/град). Терморегулятор, регулируя с помощью интегральной термопары мощность компенсационного нагревателя, поддерживает нулевую разность температур между поверхностью градиентного нагревателя и компенсационным нагревателем и обеспечивает полную компенсацию тепловых потерь с поверхности рабочего нагревателя.

С целью предотвращения тепловых утечек от боковой поверхности образца через кварцевое кольцо его засыпают порошком теплоизоляционного материала (*12*, *13*) и с помощью компенсационного нагревателя на кварцевом кольце и слое теплоизоляционного материала перепад температуры поддерживают таким же, как на образце.

Для улучшения теплового контакта торцевые поверхности образца, холодильника и градиентного нагревателя тщательно шлифуют, затем проверяют их на плоскопараллельность, намазывают специальной замазкой, изготовленной на основе мелкодисперсного порошка графита марки МПГ7 и растворителя стоматологического фосфат-цемента, и уплотняют грузом (*14*) с помощью болтов (*15*).

Рабочие части холодильника и градиентного нагревателя (*3*, *4*), непосредственно соприкасающиеся с исследуемым веществом, изготовлены из спектрально чистого графита марки МПГ7, не реагирующего на химически агрессивный расплав и обладающего хорошей теплопроводностью. Герметизацию кварцевого контейнера с рабочими поверхностями холодильника и градиентного нагревателя осуществляют специальной замазкой на основе графитового порошка.

Перепад температуры на образце измеряют хромель-алюмелевыми термопарами (*16*), которые вставляют в двухканальные алундовые соломки и укладывают в сверления в рабочих участках нагревателя и холодильника на расстоянии не более 0,5 мм от поверхности образца. Корольки термопар покрыты тонким слоем графитовой замазки для электрического и теплового контакта с расплавом.

Для изготовления термопар использованы хромелевые и алюмелевые термопарные провода диаметром 0,3 мм, предварительно отожженные при температуре 1100 К в однородном температурном поле в течение 1 ч для устранения механических деформаций и напряжений, возникающих при их холодной обработке. Из этих проводов изготовляют от семи до восьми термопар, показания которых сопоставляют как между собой, так и с показаниями платина-платинородиевой термопары заводского изготовления с индивидуальной градуировкой. Для измерения отбирают термопары, температурные показания которых расходятся не более чем на 0,2 К между собой и на 1—2 К от показаний платина-платинородиевой термопары.

На описанной экспериментальной установке исследована теплопроводность большой группы полупроводниковых соединений и их расплавов. Результаты этих исследований аттестованы в соответствии с ГОСТ Р 8.614.

Измерения теплопроводности при данной температуре произведены при разных перепадах температуры на образце, которые подбирают, регулируя мощности рабочего нагревателя и нагревателя на холодильнике (*6*).

Температурный режим измерения регулируется режимным нагревателем (*17*), работа которого также контролируется с помощью терморегулятора.

С целью предотвращения окисления деталей установки, окисления, испарения и разложения исследуемых веществ при высоких температурах измерения проводят после вакуумирования до $1{,}33 \cdot 10^{-2}$ Па через патрубок (*18*) в атмосфере специально очищенного инертного газа в автоклаве (*19*), охлаждаемом термостатирующей жидкостью (*20*). Вакуумные уплотнения автоклава с крышкой (*21*) и с зажимами (*22*) для вывода токоподводящих и термопарных проводов из автоклава осуществляют фторопластовыми прокладками (*23*). Для предотвращения испарения или разложения расплава исследуемого вещества после плавления значения давления инертного газа в автоклаве подбирают с учетом упругости паров насыщения элементов, входящих в состав исследуемого соединения.

Тепловой поток Q, создаваемый градиентным нагревателем, компенсируя боковые и торцевые тепловые утечки компенсационным нагревателем, направляется через исследуемый образец, перепад температуры ΔT на котором измеряется термопарами.

Теплопроводность λ, Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$, материала вычисляют по формуле

$$\lambda = \frac{IUL}{\Delta TS}, \quad (1)$$

где I — ток, проходящий через нагреватель;

U — напряжение на зажимах градиентного нагревателя;

L — толщина исследуемого образца;

ΔT — перепад температуры;

S — площадь поперечного сечения.

3.3 Относительная систематическая погрешность измерения теплопроводности, обусловленная погрешностями измерения тока, напряжения, температуры и геометрических размеров образца, не превышает 6 % при температуре 1000 К. При вычислении инструментальной погрешности учтены погрешности, связанные с возможными тепловыми потерями, возникающими при прохождении через токоподводящие и термопарные провода, через слой закиси меди, кварцевое кольцо и теплоизоляционный материал, которые не превышают 2 % теплового потока, проходящего через образец. При определении погрешности измерения температуры и перепада температуры на образце учитывают погрешности градуировки таблиц и погрешности, обусловленные отклонением показаний индивидуальных термопар от данных градировочной таблицы.

Наряду с указанными систематическими инструментальными погрешностями на погрешность любого эксперимента влияют погрешности, которые могут изменяться от опыта к опыту и приводить к разбросу экспериментальных данных при повторении эксперимента при неизменных условиях. Эти погрешности являются погрешностями разброса и носят случайный характер.

Математическая обработка результатов этих измерений, выполненная в соответствии с ГОСТ 34100, показала, что доверительная погрешность единичного измерения теплопроводности стекол и их использованных расплавов с учетом инструментальных и случайных погрешностей не превышает 6 % при доверительной вероятности более 95 %.

Экспериментальные данные по температурной зависимости теплопроводности ТС частично опубликованы в [5]—[7].

Для объяснения экспериментальных данных и выяснения вклада различных механизмов теплопроводности в процесс теплопереноса измеряют электропроводность некоторых составов стекол этой системы компенсационным четырехзондовым методом [8]. Величина электропроводности σ как в твердом, так и в жидком состоянии не превышает 10^{-13}—10^{-12} Ом$^{-1}$ · м$^{-1}$, что дает основание пренебречь вкладом носителей заряда $\lambda_э = L\ \sigma\ T$ в теплопроводность ТС. Слабая температурная зависимость и хорошая корреляция величины теплопроводности при комнатной температуре с другими физическими свойствами (плотность, микротвердость), которые в основном определены структурой кристаллической решетки и типом химической связи между структурными единицами, дают основание считать, что измеренная теплопроводность при этих температурах имеет фононную природу. Теплопроводность всех исследованных ТС слабо зависит от температуры.

Если исходить из того, что фононную теплопроводность можно вычислить по формуле Дебая

$$\lambda_ф = \frac{1}{3}\sum c(\omega_ф, p)\vartheta_a(\omega_ф, p)l_a(\omega_ф, p), \quad (2)$$

то малую величину и слабую температурную зависимость при температурах, близких к комнатным, можно объяснить не зависящей от температуры малой величиной длины свободного пробега фононов в ТС, равной в среднем расстоянию между структурными единицами (a) стекловидной сетки. При добавлении модификатора и изменении состава стекла теплопроводность уменьшается. При добавлении модификатора и изменении состава стекла изменяются в основном плотность и тип связей между структурными единицами, упругие параметры решетки, теплоемкость и скорость распространения тепловых волн.

Уменьшение теплопроводности данного состава при добавлении модификатора можно объяснить уменьшением теплоемкости и скорости распространения фононов в результате разрыва ковалентных мостиковых связей и замены их менее жесткими объемными ионными связями. Усиление концентрационной зависимости теплопроводности ТС в зависимости от типа и содержания модификатора также объясняется более сильным влиянием на тип химической связи ионного радиуса щелочного металла модификатора: при одинаковом содержании модификатора чем больше ионный радиус модификатора (молярный объем стекла данного состава), тем большему разрыву подвергаются ковалентные связи Te-O, которые заменяются ионными цепями Te — O — R^+ — $(RO)^-$ — Te^+ и т. д., и тем больше будет тепловое сопротивление стекловидной сетки.

В области размягчения стекол наблюдаются аномальные пики в температурном ходе теплопроводности. Величина пика и температурная протяженность зависят также от состава стекла. Для ТС величина пика в температурном ходе теплопроводности и его температурная протяженность уменьшаются с увеличением содержания модификатора. Такое же изменение происходит и при увеличении среднего атомного веса для ТС с определенным содержанием модификатора.

Резкое увеличение теплопроводности в области температуры размягчения стекла наблюдали ранее и для халькогенидных стекол [9], [10]. Такие аномальные пики в температурной зависимости теплопроводности согласуются с температурной зависимостью теплоемкости ТС при этих температурах. Скачки теплоемкости и теплопроводности начинаются при температурах, близких к температуре стеклования T_c, когда появляется возможность переключения (трансформации) валентных связей. В стеклах с разнородным структурно-химическим составом при температурах, близких к температуре размягчения, происходит в разных точках объема хаотическая перегруппировка атомов, которая предшествует переключению мостиковых связей с одного комплекса атомов на другой [11]. На эту перегруппировку и переключения связей расходуется определенная внутренняя энергия вещества, что сопровождается увеличением теплоемкости и фононной теплопроводности. С увеличением температуры вероятность трансформации связей возрастает до насыщения, сокращается количество энергии, необходимой для переключения связей и перегруппировки атомов, и температурная кривая теплоемкости и теплопроводности проходит через максимум. При дальнейшем нагревании на переключение связей требуется малое количество энергии, трансформация связей происходит часто, и перегруппировка атомов на теплоемкость и теплопроводность не влияет.

Рост теплопроводности в расплаве можно объяснить увеличением теплоемкости за счет роста числа степеней свободы тепловых колебаний атомов в результате дальнейшего разрыва жестких ковалентных мостиковых связей. Чем больше ионный радиус (молярный объем) модификатора, тем слабее связи между атомами в стеклах и больше вероятности их разрыва, что в результате и наблюдается. Температурный коэффициент роста теплопроводности расплавов возрастает при увеличении молярного объема модификатора и содержания модификатора в стеклах данной системы. Этим же объясняется и зависимость величины и температурной протяженности аномального пика в температурной зависимости теплопроводности в области размягчения стекол.

Для некоторых составов стекол с наименьшим содержанием модификатора составлены уравнения для расчета значений теплопроводности и представлены графики для сравнения расчетных и экспериментальных данных.

Для некоторых составов стекол с наименьшим содержанием модификатора значения теплопроводности вычисляют по уравнениям:

TeO_2 + 20 мол % Li_2O ($\lambda = 2 \cdot 10^{-5}T^2 - 0{,}018T + 4{,}363$ — стекло и $\lambda = 0{,}32 + 1{,}5 \cdot 10^{-3}T$ — расплав);

TeO_2 + 12 мол % K_2O ($\lambda = 0{,}002T - 0{,}231$ — стекло и $\lambda = 0{,}6 + 0{,}001T$ — расплав);

TeO_2 + 13 мол % Na_2O ($\lambda = 0{,}005T - 1{,}12$ — стекло и $\lambda = 0{,}34 + 1{,}02 \cdot 10^{-3}T$ — расплав);

TeO_2 + 12 мол % Rb_2O ($\lambda = -10^{-8}T^4 + 2 \cdot 10^{-5}T^3 - 0{,}01T^2 + 3{,}1T - 327{,}4$ — стекло и $\lambda = 0{,}32 + 0{,}001T$ — расплав);

TeO_2 + 12 мол % Cz_2O ($\lambda = 10^{-5}T^2 - 0{,}008T + 1{,}908$ — стекло и $\lambda = 0{,}3 + 9{,}87 \cdot 10^{-4}T$ — расплав).

Графики представлены для сравнения расчетных (сплошная) и экспериментальных данных (точки) (см. приложение А).

Для других составов с данным модификатором можно использовать эти уравнения с другими коэффициентами. Экспериментальные данные о теплопроводности для всех стекол и их расплавов согласуются с расчетными значениями, приведенными в уравнениях в пределах 90—96 %.

Экспериментальные данные о теплопроводности для области размягчения стекол в области пика температурной зависимости совпадают с данными, приведенными в уравнениях.

4 Стандартные справочные данные о теплопроводности теллуритных стекол системы $TeO_2 + R_2O$ в диапазоне температур от 300 К до 800 К и различных концентрациях окислов щелочных металлов

В таблицах 1—5 представлены стандартные справочные данные о теплопроводности ТС системы $TeO_2 + R_2O$ в диапазоне температур от 300 К до 800 К и различных концентрациях окислов щелочных металлов.

Таблица 1 — Стандартные справочные данные о теплопроводности стекол системы $TeO_2 + Li_2O$

Температура T, К	Теплопроводность λ, Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$ при Li_2O, мол %	
	20	25
300	0,53	0,52
320	0,55	0,53
340	0,57	0,54
360	0,59	0,55
380	0,61	0,56
400	0,62	0,57
420	0,63	0,58
440	0,64	0,61
460	0,72	0,65
480	0,75	0,69
500	0,84	0,74
520	0,96	0,90
540	1,06	0,98
560	1,22	1,08
580	1,38	1,18
600	1,51	1,29
620	1,58	1,38
640	1,61	1,43
660	1,60	1,40
680	1,49	1,35
700	1,41	1,29
720	1,42	1,30
740	1,43	1,32
760	1,46	1,36
780	1,49	1,39
800	1,52	1,41

Таблица 2 — Стандартные справочные данные о теплопроводности стекол системы $TeO_2 + K_2O$

Температура, T, К	Теплопроводность λ, Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$ при K_2O, мол %			
	12	16	19	22
300	0,52	0,44	0,37	0,30
320	0,53	0,45	0,38	0,31
340	0,55	0,46	0,40	0,32
360	0,56	0,48	0,42	0,33
380	0,58	0,51	0,44	0,34
400	0,60	0,52	0,45	0,36
420	0,66	0,57	0,46	0,38
440	0,72	0,63	0,48	0,42
460	0,76	0,67	0,53	0,45
480	0,80	0,71	0,59	0,49
500	0,84	0,75	0,63	0,52
520	0,93	0,79	0,67	0,58
540	1,05	0,87	0,73	0,63
560	1,16	0,96	0,79	0,70
580	1,22	1,07	0,88	0,80
600	1,28	1,05	0,95	0,85
620	1,19	1,01	0,92	0,84
640	1,05	0,97	0,90	0,82
660	1,04	0,95	0,89	0,81
680	1,03	0,96	0,90	0,80
700	1,04	0,97	0,91	0,80
720	1,05	0,98	0,92	0,80
740	1,07	0,99	0,92	0,81
760	1,10	1,01	0,93	0,82
780	1,13	1,03	0,94	0,83
800	1,16	1,06	0,95	0,84

Таблица 3 — Стандартные справочные данные о теплопроводности стекол системы $TeO_2 + Na_2O$

Температура, T, К	Теплопроводность λ, Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$ при N_2O, мол %			
	13	16	20	28
300	0,51	0,46	0,43	0,41
320	0,53	0,48	0,45	0,42
340	0,56	0,51	0,47	0,44
360	0,60	0,54	0,52	0,46
380	0,64	0,58	0,56	0,47
400	0,72	0,62	0,60	0,48
420	0,80	0,69	0,64	0,51
440	0,92	0,81	0,69	0,65
460	1,06	0,91	0,80	0,72
480	1,24	1,05	0,91	0,81
500	1,40	1,21	1,04	0,90
520	1,48	1,35	1,16	1,01
540	1,51	1,41	1,21	1,06
560	1,52	1,41	1,20	1,04
580	1,52	1,37	1,16	1,03
600	1,48	1,33	1,15	1,04
620	1,44	1,28	1,16	1,05
640	1,38	1,27	1,17	1,06
660	1,34	1,25	1,18	1,08
680	1,31	1,25	1,19	1,09
700	1,31	1,26	1,21	1,11
720	1,32	1,28	1,22	1,13
740	1,34	1,29	1,23	1,15
760	1,36	1,31	1,24	1,16
780	1,38	1,32	1,25	1,18
800	1,40	1,34	1,26	1,20

Таблица 4 — Стандартные справочные данные о теплопроводности стекол системы $TeO_2 + Rb_2O$

Температура, T, К	Теплопроводность λ, Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$ при Rb_2O, мол %		
	12	16	19
300	0,42	0,36	0,31
320	0,44	0,38	0,33
340	0,46	0,41	0,34
360	0,48	0,43	0,36
380	0,50	0,45	0,39
400	0,53	0,48	0,41
420	0,57	0,51	0,43
440	0,61	0,54	0,46
460	0,74	0,59	0,50
480	1,02	0,75	0,56
500	1,11	0,94	0,66
520	1,14	1,01	0,86
540	1,13	1,00	0,85
560	1,12	0,97	0,83
580	1,08	0,95	0,84
600	1,03	0,94	0,85
620	1,00	0,93	0,86
640	0,98	0,94	0,87
660	0,98	0,95	0,88
680	1,00	0,96	0,89
700	1,01	0,98	0,90
720	1,03	0,99	0,91
740	1,05	1,01	0,92
760	1,07	1,02	0,93
780	1,10	1,03	0,94
800	1,11	1,04	0,95

Таблица 5 — Стандартные справочные данные о теплопроводности стекол системы $TeO_2 + Cz_2O$

Температура, T, К	Теплопроводность λ, Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$ при Cz_2O 12 мол %
300	0,38
320	0,39
340	0,40
360	0,42
380	0,43
400	0,45
420	0,47
440	0,50
460	0,53
480	0,57
500	0,63
520	0,76
540	0,93
560	1,02
580	0,95
600	0,85
620	0,86
640	0,88
660	0,90
680	0,93
700	0,96
720	0,99
740	1,02
760	1,05
780	1,08
800	1,10

Приложение А
(справочное)

Температурные зависимости теплопроводности теллуритных стекол и их расплавов

Температурные зависимости теплопроводности ТС и их расплавов представлены на рисунках А.1—А.10.

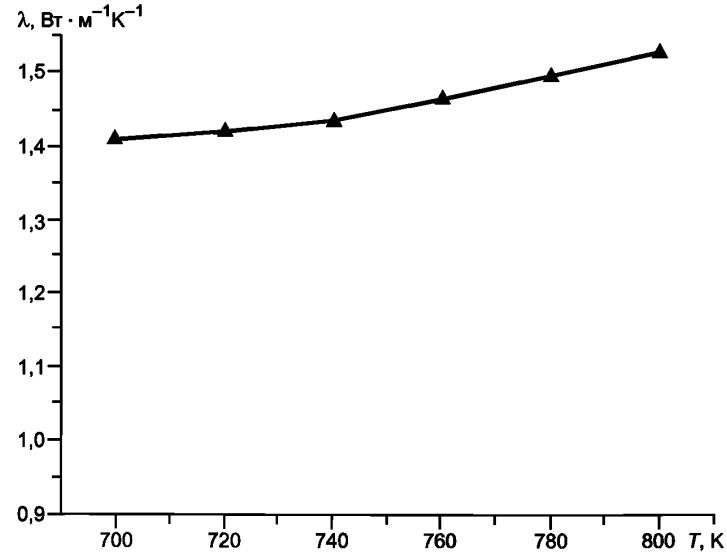

Рисунок А.1 — Температурная зависимость теплопроводности стекла TeO_2 + 20 мол % Li_2O ($\lambda = 2 \cdot 10^{-5}T^2 - 0{,}018T + 4{,}363$)

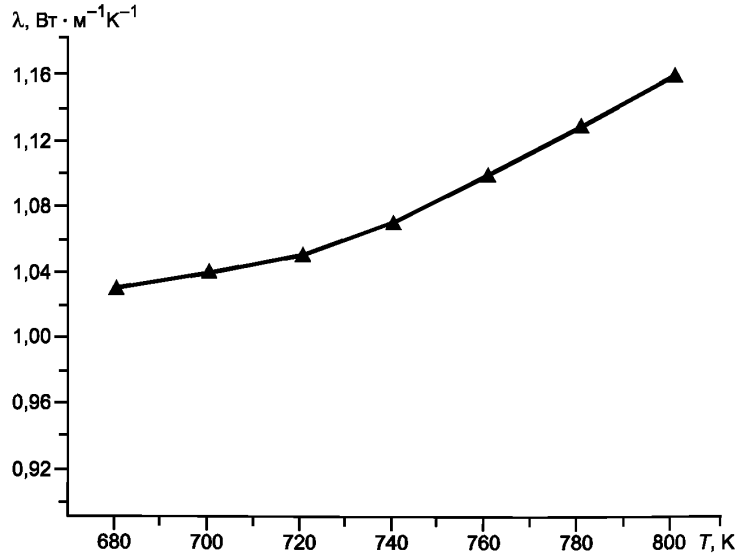

Рисунок А.2 — Температурная зависимость теплопроводности стекла TeO_2 + 12 мол % K_2O ($\lambda = 0{,}002T - 0{,}231$)

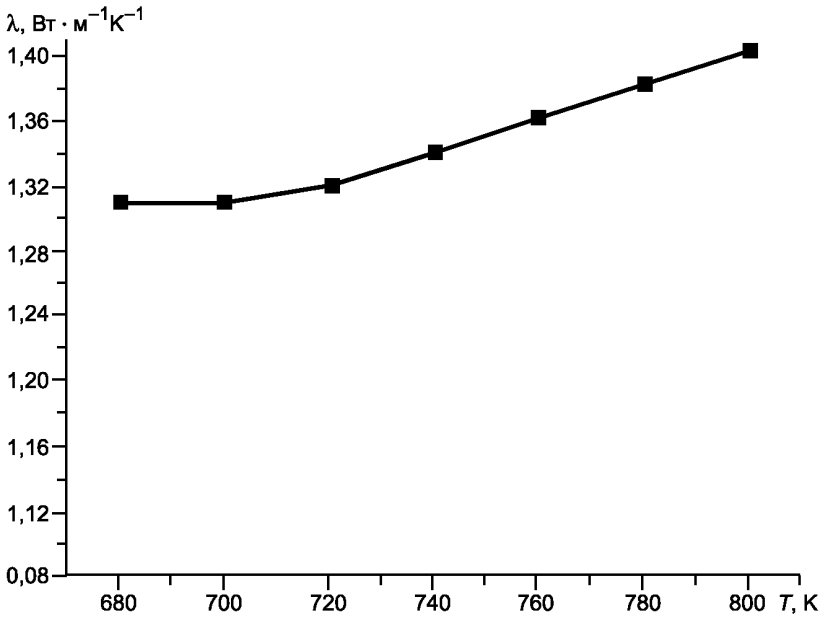

Рисунок А.3 — Температурная зависимость теплопроводности стекла TeO_2 + 13 мол % Na_2O ($\lambda = 0{,}005T - 1{,}12$)

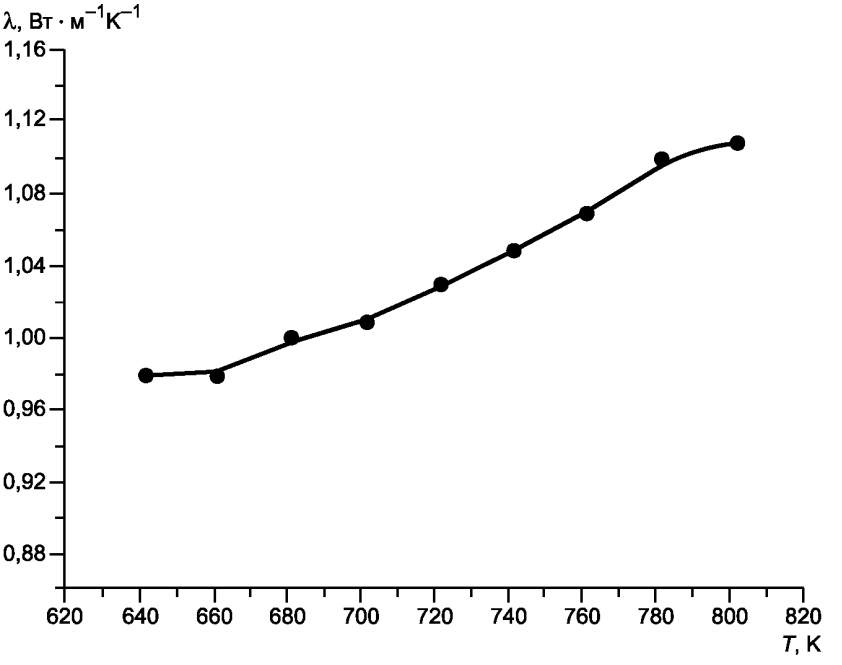

Рисунок А.4 — Температурная зависимость теплопроводности стекла TeO_2 + 12 мол % Rb_2O ($\lambda = -10^{-8}T^4 + 2 \cdot 10^{-5}T^3 - 0{,}01T^2 + 3{,}1T - 327{,}4$)

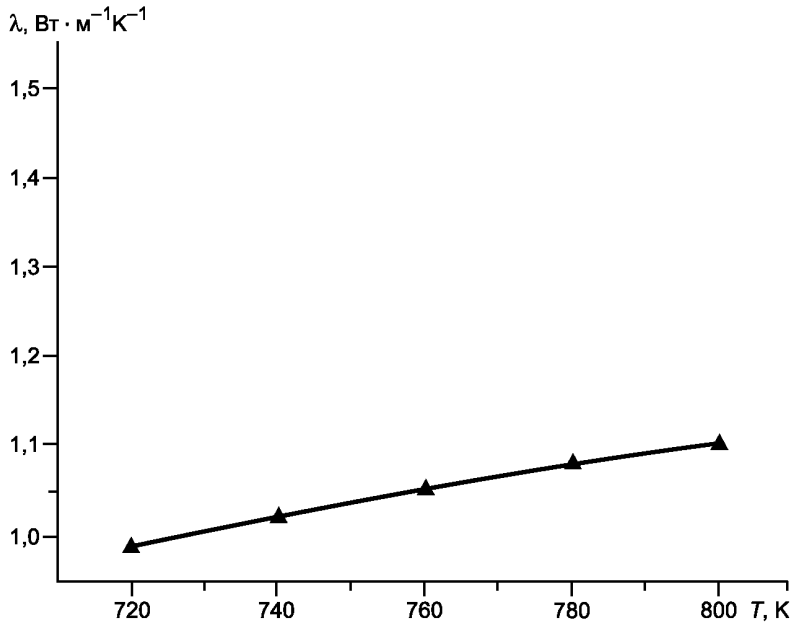

Рисунок А.5 — Температурная зависимость теплопроводности стекла TeO_2 + 12 мол % Cz_2O ($\lambda = 10^{-5}T^2 - 0{,}008T + 1{,}908$)

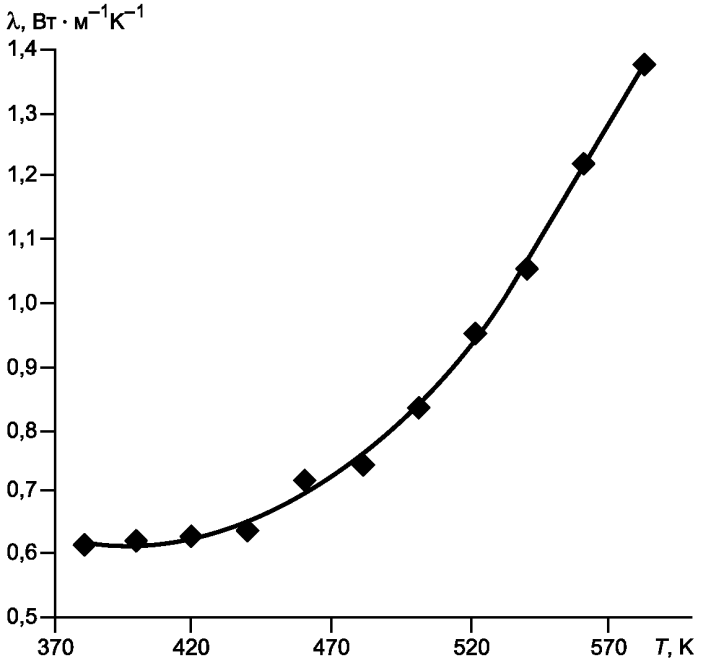

Рисунок А.6 — Температурная зависимость теплопроводности расплава стекла TeO_2 + 12 мол % Li_2O ($\lambda = 0{,}32 + 1{,}5 \cdot 10^{-3}T$)

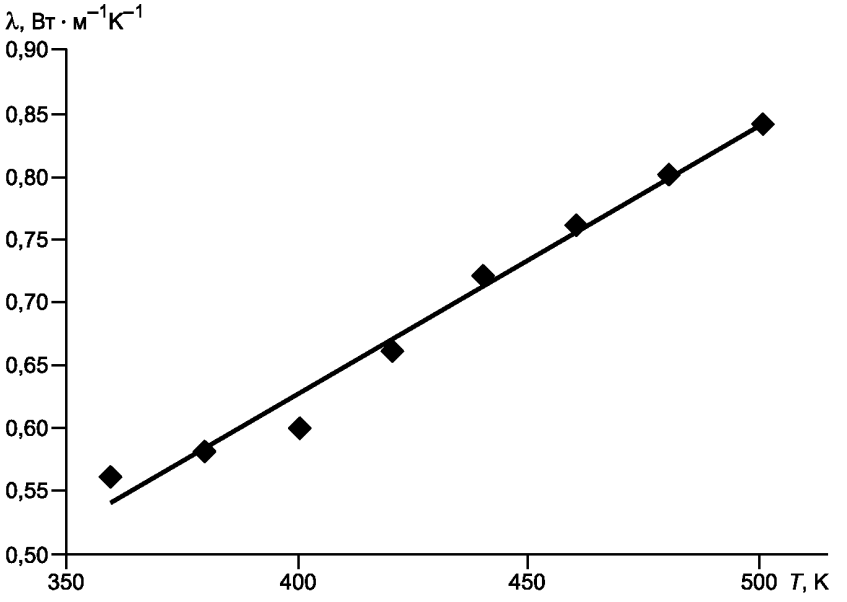

Рисунок А.7 — Температурная зависимость теплопроводности расплава стекла TeO_2 + 12 мол % K_2O ($\lambda = 0{,}34 + 1{,}02 \cdot 10^{-3}T$)

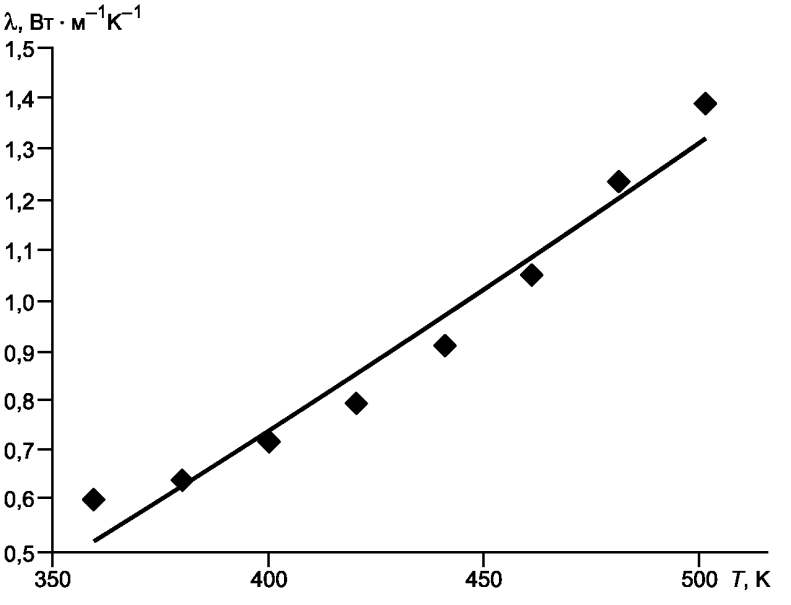

Рисунок А.8 — Температурная зависимость теплопроводности расплава стекла TeO_2 + 12 мол % Na_2O ($\lambda = 0{,}6 + 0{,}001T$)

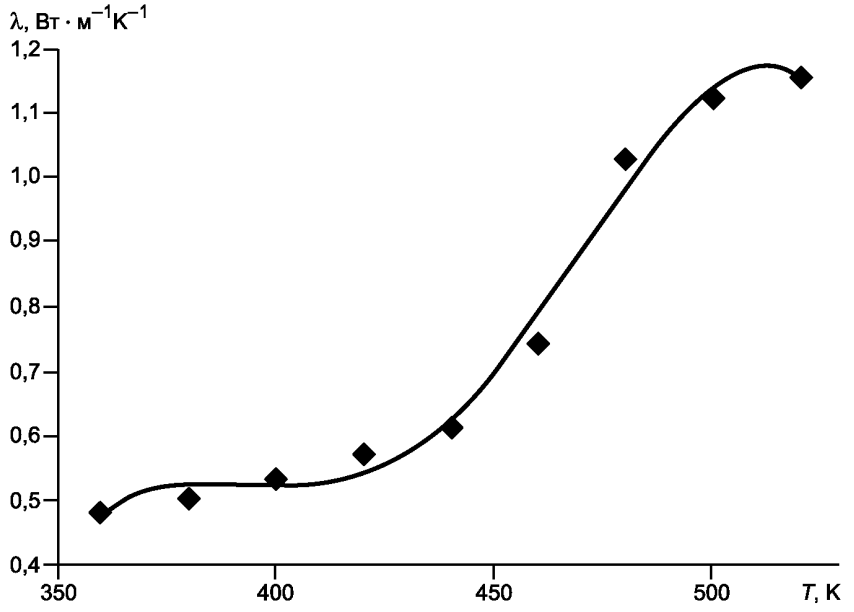

Рисунок А.9 — Температурная зависимость теплопроводности расплава стекла TeO_2 + 12 мол % Rb_2O ($\lambda = 0,32 + 0,001T$)

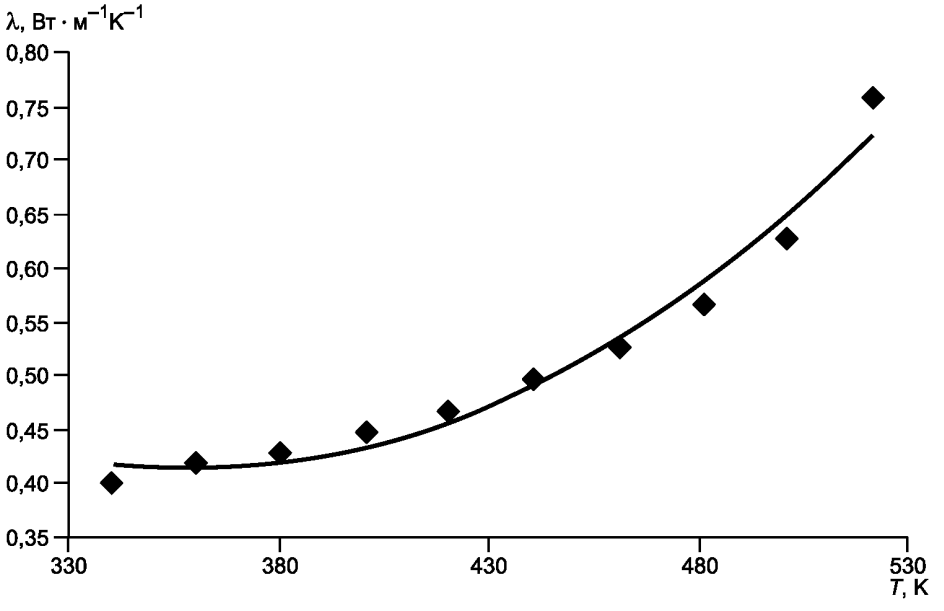

Рисунок А.10 — Температурная зависимость теплопроводности расплава TeO_2 + 12 мол % Cz_2O ($\lambda = 0,3 + 9,87 \cdot 10^{-4}T$)

Библиография

[1] Линдгвист О. Журнал по химии (Acta. Chem.Scand), 1968. V. 22, с. 977

[2] Лесайживич Д. Кристю, 1961. Т. 16, с. 345

[3] Земан Д. Крист. 1968. Т. 24, с. 319

[4] Магомедов Я.Б., Гаджиев Г.Г. ТВТ, 28, в. 1, 1990, с. 185

[5] Магомедов Я.Б., Билилов А.Р., Алиева К.О. Работы 5-й Азиатской конференции по теплофизическим свойствам (Proceedings of the 5-th Asian thermophysical properties conference). 1998, Сеул, Корея, с. 155

[6] Магомедов Я.Б., Гаджиев Г.Г., Билалов А.Р. В сб. «Микро- и нанотехнологии в электронике» по материалам VI Международной научно-технической конференции. 2014, Нальчик, с. 21

[7] Магомедов Я.Б., Гаджиев Г.Г., Билалов А.Р. Температурная зависимость теплопроводности стекол системы $TeO_2 + Li_2O$ и их расплавов. В сб. «Материалы 14-й Российской конференции (с международным участием) по теплофизическим свойствам веществ», 2014, Казань, с. 346

[8] Магомедов Я.Б., Алиев С.Н., Лугуева Н.В., Айдамиров М.А. ПТЭ, в. 6, 2003, с. 117

[9] Урбан Е. Шанс, Энн Маршалл и Корнелиус Т. Мойнихан. Журнал Американского керамического общества (J. of the Amer. Cer. Society), 55, 1972, с. 180

[10] Муромцев В.А., Балмаков М.Д., Орлова Г.М. ФХС, 7, 1981, с. 228

[11] Немилов С.В. ФХС, 4, 1978, с. 662

УДК 534-8:534.221:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: стандартные справочные данные, вещества, материалы, свойства, неопределенность

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 12.03.2019 Подписано в печать 28.03.2019 Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru