ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.950— 2018

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ. МОЛИБДЕН

Параметры кристаллической решетки. Коэффициент линейного теплового расширения в диапазоне температур от 90 К до 350 К

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

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 4 декабря 2018 г. № 1056-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*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

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 1
4 Основная часть 2
4.1 Подготовка образцов 2
4.2 Экспериментальная аппаратура 3
4.3 Особенности процедуры измерений 4
4.4 Процедура определения параметров кристаллической решетки 5
4.5 Тепловое расширение молибдена. Коэффициент линейного теплового расширения в диапазоне температур от 90 К до 300 К 6
4.6 Достоверность данных 7
Библиография 8

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ. МОЛИБДЕН

Параметры кристаллической решетки. Коэффициент линейного теплового расширения в диапазоне температур от 90 К до 350 К

State system for ensuring the uniformity of measurements. Standard reference data. Molybdenum. The parameters of the crystal lattice. Coefficient of linear thermal expansion in the temperature range from 90 K to 350 K

Дата введения — 2019—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на стандартные справочные данные молибдена, базовую характеристику конденсированного вещества — параметры кристаллической решетки и на данные о величинах коэффициента линейного теплового расширения в диапазоне температур от 90 К до 300 К.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 34100.3 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.

3 Общие положения

В настоящем стандарте приведены значения структурных характеристик металлического молибдена (Mo) и данные о коэффициенте линейного теплового расширения (КЛТР) по результатам высокоточных измерений на современном дифрактометрическом оборудовании.

Отличительные признаки Mo вытекают из его структурных характеристик, включая кристаллографические, электронные характеристики, строение и динамику кристаллической решетки.

Параметры кристаллической решетки описывают строение кристаллических веществ (тип и размеры элементарной ячейки) и определяют их многие физические свойства. Эти данные относятся к базовым характеристикам конденсированного состояния вещества, отражая баланс сил притяжения

Издание официальное

и отталкивания между атомами. Объем ячейки, вычисляемый по этим данным, и значения КЛТР при наличии данных для различных температур используют при проектировании материалов, включающих молибден, в различных устройствах. Температурный диапазон, в котором используют молибденсодержащие материалы, охватывает температуры от предельно низких до предельно высоких.

Молибден относят к стратегически важным материалам. Его используют в чистом виде, в виде легирующей добавки в сталях различного назначения, в виде компонента различных неорганических и органических соединений.

4 Основная часть

В настоящем стандарте по результатам дилатометрических измерений компараторным методом приведены стандартные справочные данные о параметрах кристаллической решетки и о величинах КЛТР Mo в диапазоне от 90 К до 300 К, разработанные в соответствии с ГОСТ Р 8.614, ГОСТ 34100.3.

Достоверные данные получены с использованием современных рентгеновских дифрактометров для измерения структурных характеристик монокристаллов и обоснованных научных работ.

4.1 Подготовка образцов

Для исследования в настоящем стандарте используют образцы, вырезанные из прутков молибдена, дополнительно очищенные методом зонной плавки, в ходе которой выращивают несколько монокристаллов типа «Гиредмет». Содержание примесей на 34 элементах оценивают по результатам измерений микрофлуоресцентными методами, проведенными на спектрометре M1 «Мистраль» фирмы Bruker. Для анализа используют состав двух монокристаллических образцов по 10 измерениям в каждом на возможность присутствия 35 элементов следов примесей. В результате проведенного анализа обнаруживают, что по всем элементам отсутствуют микропримеси, за исключением вольфрама 0,055 масс.%. Таким образом состав по этим результатам оценивают как 99,945 %, что соответствует составу особо высокочистых образцов молибдена.

Из монокристаллических слитков вырезают кубики, из которых подготавливают образцы для рентгеновских измерений. Для высокоточного рентгенографирования используют образцы сферической формы, которая позволяет наиболее точно учитывать влияние поглощения рентгеновских лучей при обработке дифракционной картины. Диаметр сферы подбирают так, чтобы пучок, выходящий из коллиматора рентгеновской трубки, полностью омывал образец. Сферические образцы имеют диаметр от 0,3 мм до 0,4 мм, что позволяет использовать весь объем образца для измерений. Объем и условия полного рентгеновского эксперимента устанавливают отдельно для каждого конкретного образца по результатам предварительных коротких экспериментов.

Для обкатки образцов сферы используют специальные устройства, имеющие форму плоского цилиндра. В таком устройстве заготовки (кубической формы) под воздействием потока воздуха быстро перемещаются по кругу, что приводит к стачиванию углов о приклеенные абразивные шкурки. Постепенно уменьшая зернистость шкурки, получают образцы правильной формы с высокой чистотой поверхности. Преимущество имеют шкурки с алмазным и также высокотвердым эльборовым покрытием. Источником воздуха служит компрессор, например аэрографа.

Искаженный слой снимают травлением с использованием травителей, разработанных для всех элементов шестой группы химических элементов таблицы Д. И. Менделеева (хром, молибден и вольфрам), см. таблицу 1. Для снятия искаженного слоя на поверхности сфер используют состав № 3. Скорость травления для равномерного стравливания выбирают ~0,8 мкм/мин и проводят встряхивания образцов в пробирке. Ввиду того, что окончание травления (полного снятия искаженного слоя) точно зафиксировать трудно, результаты обработки в кислотах проверяют рентгенографированием на дифрактометре как предварительный этап основного эксперимента.

Таблица 1 — Соотношение компонентов в растворе для травления молибдена

Вещество	Соотношение компонентов, доли.				
	1	2	3	4	5
Ортофосфорная кислота	15	75	7	2	15
Азотная кислота	7	3	1	1	2

Окончание таблицы 1

Вещество	Соотношение компонентов, доли.				
	1	2	3	4	5
Уксусная кислота	3	15	1	2	3
Вода	1	5	1	2	1—3
Примечание — Голубым цветом выделен состав (№ 3), которым снимают искаженный слой с поверхностей сфер.					

Для подготовки образцов и установки их на дифрактометрическую систему используют оптический бинокулярный стереоскопический микроскоп типа МБС, который позволяет предварительно определить размер. Для получения более точного размера исследуемого образца на дифрактометре проводят специальный эксперимент с многократным до 180 раз поворотом с интервалом от 1 до 2°. Качество формы образца оценивают при увеличении оптического просмотра в микроскопе МБС. Из подготовленных образцов выбирают образец с наилучшей дифракционной картиной для брэгговских отражений. Затем производят монтаж образца на держатель гониометрического устройства. Для очистки держателей и монтажа монокристаллических сфер используют спирт и клей-гель «Момент». Образец приклеивают на специальный держатель со стеклянной нитью (нить и клей обеспечивают отсутствие дополнительных дифракционных рефлексов) и устанавливают на гониометрическую головку дифрактометра. Гониометрическую головку фиксируют в посадочном гнезде гониометра, и проводят юстировку так, чтобы образец попадал максимально точно в центр (пересечение всех осей) гониометра.

4.2 Экспериментальная аппаратура

Измерение дифракционной картины для определения параметров кристаллической решетки проводят с использованием устройств дифрактометра и приставок специальной конструкции, которые позволяют анализировать достаточно полную дифракционную картину монокристаллов в трех измерениях. Основная шкала большого гониометра дифрактометра XCalibur фирмы Rigaku-Oxford Diffraction, используемого при экспериментальной проверке, обеспечивает диапазон возможных поворотов детектора до 120°. Повороты образца осуществляют с помощью других гониометрических устройств таким образом, чтобы заполнить всю сферу измеряемого обратного (импульсного) пространства и после преобразований возможно больший объем элементарной ячейки. Для излучения от молибденаанода используют рентгеновскую трубку (длину волны характеристического излучения $K_{\alpha}1$ принимают за 0,070932 нм). В усиливающую оптическую систему включают графитовые монохроматоры и коллиматоры с внутренним отражением. За счет использования характеристик рентгеночувствительного экрана осуществлял работу двумерный детектор дифрактометра, основанный на CCD-технологиях. Вся система регистрации сигналов характеризуется достаточно низким уровнем шумов, что позволяет проводить исследования образцов малого объема. Конструкции дифрактометров, применяемые в системе, позволяют регистрировать от 4000 до 5500 брэгговских отражений для различных образцов, которые используют для расчета параметров кристаллической решетки (размеров элементарной ячейки) и значений коэффициентов КЛТР.

Для увеличения точности данных при нормальных условиях измерений фиксируют высокоугловые рефлексы (более высокие порядки отражений от семейства кристаллографических плоскостей), которые обеспечивают близость к углу скольжения 90° и, следовательно, максимально возможную точность. Поскольку интенсивность таких брегговских отражений на порядки слабее, чем для отражений с малыми индексами Миллера, то при работе дифрактометра используют максимально возможные значения тока и напряжений рентгеновской трубки и/или более длительное время измерений в каждой точке обратного пространства, в координатах которого происходит процесс измерения. Общее время эксперимента для каждого образца при нормальных условиях измерений составляет от 80 до 120 ч непрерывной работы дифрактометра. Блок-схема дифрактометрической системы представлена на рисунке 1.

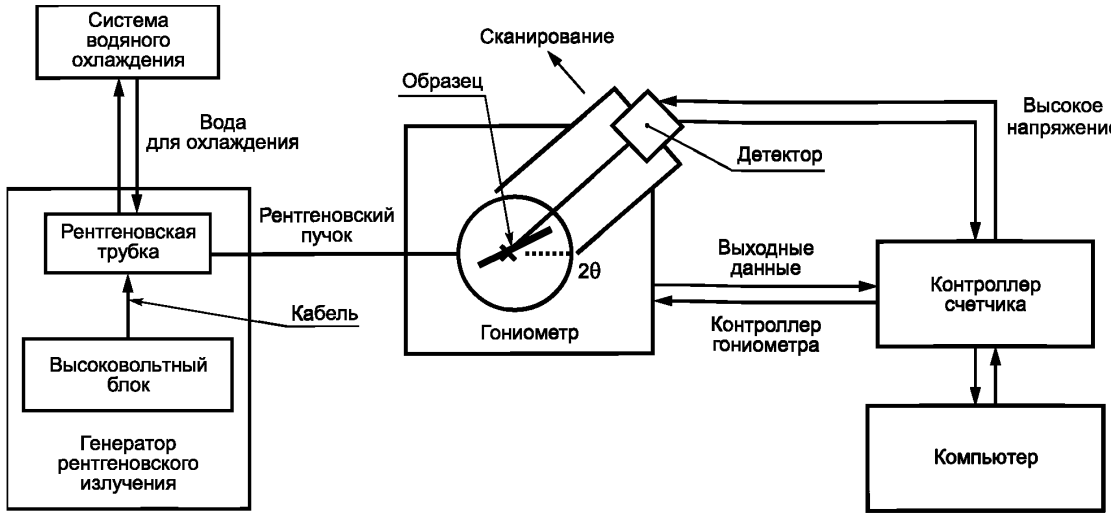


Рисунок 1 — Блок-схема дифрактометрической системы

Для проведения измерений и обработки экспериментальных данных с последующим определением структурных характеристик, удовлетворяющих стабильным параметрам кристаллической решетки, используют аттестованную методику измерений [№ 702/06-09 (ФР.1.31.2009.06707)]. Для повышения достоверности экспериментальных данных проводят сравнительный анализ с эталонными средствами измерений: со стандартными образцами дифракционных свойств монокристаллов, включая ГСО ПРФ-4 (ПРФ-3) кремний и ГСО ПРФ-9 (ПР-1) силицид ванадия, которые предварительно измеряют на той же установке для ее калибровки.

4.3 Особенности процедуры измерений

4.3.1 Регистрации дифракционной картины

Для регистрации дифракционной картины устанавливают расстояние кристаллического детектора равным 41,5 мм и используют коллиматор с диаметром 0,5 мм. «Бункеровку» (объединение пикселей или разбиение матрицы на субблоки) устанавливают 2 × 2, с разрешением матрицы детектора 1024 × 1024 пк. Для молибденового источника рентгеновского излучения значения напряжения и тока устанавливают: 50 кВ и 40 мА или 33 кВ и 50 мА, когда требовалось устранить отражения, соответствующие второй гармонике ($\lambda/2$).

4.3.2 Юстировка образца

Юстировку образца Mb проводят в режиме ручного управления. Кристалл считается съюстированным, если при движении по любой из осей центр тяжести образца совпадет с перекрестием шкал микроскопа и отклонение составляет не более 10 мкм.

4.3.3 Условия измерений

При проведении измерений при комнатной температуре обычно соблюдают следующие условия:

- температура воздуха — в диапазоне 298 К—300 К (25 °С —27 °С);
- атмосферное давление — 84—106,7 кПа (690—800 мм рт. ст.);
- относительная влажность воздуха — не более 80 % при температуре (25—27 °С);
- напряжение питания электросети для однофазного тока — 200—240 В.

С использованием программного обеспечения образец поворачивают последовательно со всеми возможными поворотами, чтобы зафиксировать на детекторе интенсивность отраженных дифрагированных лучей с более полным изображением сферы обратного пространства (сферы Эвальда). При повороте образца различные отражающие атомные плоскости проходят через положение, при котором выполняется условие, соответствующее закону Брэгга-Вульфа. На дифракционной картине появляется распределение интенсивности брегговских отражений, которые фиксируются в каждом фрейме и передаются на компьютерное устройство для запоминания, обработки и анализа.

Для проверки образца на соответствие исследуемой фазе монокристалла и для оценки уровня совершенства этого вещества сначала осуществляют предварительную съемку с общим временем 5—10 мин для пробного определения параметров решетки кристалла конкретного образца. По окончании первой предварительной съемки оценивают отличие параметров решетки кристалла от ожидаемых, а также процентное отношение числа отражений на дифракционной картине, удовлетворяющих выбранному типу элементарной ячейки. Затем оценивают качество дифракционной картины в целом, включая форму дифракционных максимумов. На основании анализа результатов измерений принимают решение о дальнейшей работе с данным образцом.

Для образцов, выбранных из партии образцов, проводят второе предварительное рентгенографирование с общим временем экспозиции 60—120 мин для оценки и задания параметров основного эксперимента. Сначала оценивают доступное разрешение и время экспозиции для разных положений детектора по углу скольжения (θ) для обеспечения требуемого уровня статистики измерения интенсивностей за доступное время проведения всего эксперимента. Затем проводят основное рентгенографирование образцов с общим временем экспозиции 90—120 мин. По окончании эксперимента проводят обработку полученных данных с выдачей файлов, необходимых для дальнейшего структурного анализа.

4.3.4 Обработка данных

Обработку данных измерений проводят с применением программного пакета CrysAlis. Параметры элементарной ячейки устанавливают последовательно. С использованием программы CrysAlis осуществляют поиск всех брэгговских отражений на каждом фрейме и получают первичные данные об угловых позициях максимумов этих отражений. Далее устанавливают вариант элементарной ячейки, размерам которой удовлетворяют значения не менее 90 % зафиксированных дифракционных рефлексов. Затем уточняют инструментальную модель, соответствующую параметрам решетки кристалла по уточненному набору дифракционных отражений, и используют программу для проведения профильного анализа, состоящего из двух этапов:

1) определение фона и границ дифракционных профилей;

2) получение интегральных интенсивностей.

Завершение обработки осуществляют следующими действиями: сначала вносят все значимые поправки в интенсивности, чтобы измеренные величины приблизились к кинематической шкале, затем вводят поправки на эффект Лоренца и на поляризацию с использованием программы CrysAlis.

4.4 Процедура определения параметров кристаллической решетки

Для расчета значений параметров решетки используют значения углов θ (тета), соответствующих максимумам распределения интенсивностей брегговских отражений, и соотношение, связывающее значения межплоскостных расстояний с этими углами

$$2d \sin\theta = n\lambda, \quad (1)$$

где d — межплоскостное расстояние, нм;

θ — угол скольжения лучей,

n — порядок отражения (1, 2, 3...),

λ — длина волны используемого излучения.

Возможность фиксировать отражения с более высокими порядками, которые обеспечивают повышение точности определения параметров, зависит от длины волны используемого излучения, поэтому было использовано молибденовое коротковолновое излучение.

Квадратичная форма для кубической решетки, связывающая параметр решетки a и индексы Миллера h, k, l с межплоскостным расстоянием d, имеет вид

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2+k^2+l^2}{a^2}. \quad (2)$$

Поскольку при изменении температуры изменяются параметры решетки образца, то имеет место изменение наблюдаемых значений углов θ для максимумов брегговских отражений. Поддержание требуемой температуры или заданного температурного режима исследуемых образцов проводят на дифрактометре XCalibur фирмы Rigaku-Oxford Diffraction с точностью 0,5° в диапазоне температур от 298 К до 300 К. Температуру образца измеряют поверенным измерителем температуры и влажности ИВТМ-7, размещенным в непосредственной близости от образца с доверительной погрешностью 0,7 К.

Дифракционная картина из фрейма, зафиксированного при невысоких углах, представлена в [1]. Форма дифракционных пятен на дифрактограммах показывает хорошее качество образца, выбранного для последующего анализа всей дифракционной картины.

В таблице 2 приведены данные определения параметра решетки для высокоуглового диапазона при 300 К. Это соответствует углу установки детектора на 113° по шкале 2θ, позволяющего зафиксировать наибольшее число высокоугловых рефлексов. После повторных экспериментов, проводимых при повороте образца на держателе, и после дополнительной проверки юстировки при повороте держателя, выбирают средние значения для каждого образца. Затем выбирают среднее значение от всех исследованных образцов, которое включают в таблицу стандартных справочных данных. Расчет характеристик воспроизводимости проводят при получении средних значений, поэтому неопределенность оказывается выше, чем неопределенности случайного типа, указанные для каждого образца.

Таблица 2 — Результаты определения параметров кристаллической решетки образцов монокристаллического молибдена по данным высокоуглового диапазона

Образец	Параметр, нм
a	0,314747(2)
b	0,314745(2)
Среднее	0,314746
Примечание — В круглых скобках приведены числовые значения неопределенностей каждой серии измерений.	

В таблице 3 представлены значения параметров кристаллической решетки для молибдена, полученные различными авторами в диапазоне температур от 290 К до 300 К, и результаты исследованных образцов из таблицы 2.

Таблица 3 — Данные о параметрах кристаллической решетки монокристаллического молибдена из баз данных научных работ и результаты исследованных образцов из таблицы 2

Образец	Параметр, нм	Ссылка
1	0,31472	[35]
2	0,31472	[36]
3	0,31474	[7]
4	0,31470	[41]
5	0,31472	[38]
6	0,31478	[46]
7	0,31475	[40]
8	0,31475	ВНИИМС
Среднее	0,314752	
Примечание — В квадратных скобках приведены библиографические ссылки, которые представлены в [1].		

Анализ значений параметров, представленный в таблице 3, показывает, что соответствие данных достаточно высокое. Поэтому в качестве стандартного справочного данного принимают значение параметра кристаллической решетки (размера элементарной ячейки), для молибдена равное 0,314752 нм.

4.5 Тепловое расширение молибдена. Коэффициент линейного теплового расширения в диапазоне температур от 90 К до 300 К

При определении коэффициента теплового расширения (КТР) Мо учитывают зависимость его кристаллической решетки от температуры. Результаты анализа этой зависимости подробно описаны и проиллюстрированы в [1].

Особенности теплового расширения и его изменение с температурой рассчитывают в основном с учетом ангармонических эффектов в динамике кристаллической решетки. Значение КТР прямо пропорционально коэффициенту ангармоничности в разложении потенциальной энергии и имеет одинаковый с ним знак.

Результаты измерений относительного удлинения и значения КТР определяют для молибдена различными методами, включая рентгеновские при разных температурах. При этом установлено, что молибден обладает аномально низким значением КТР при повышенных температурах.

Для оценки значений КЛТР Mo используют данные о зависимости параметра кристаллической решетки от температуры. Результаты оценки этих исследований в различных диапазонах температур представлены в [1].

Для температур в диапазоне от 280 К до 400 К принимают обобщенные значения КЛТР Mo (см. [1]).

Значения КЛТР в диапазоне температур от минус 180 К до 2400 К по результатам дилатометрических измерений представлены в [2].

В диапазоне нормальных температур результаты измерений, представленные в [1] и [2], достаточно хорошо согласуются между собой. Худшее согласование данных отмечается в области низких температур.

Для формирования неопределенностей используют значения КТР: данные удлинения образца при двух температурах. Значение разности размеров к исходной величине размера элементарной ячейки и величине разности температур приписывают к середине интервала температур, при которых произведено измерение. Точность и уровень достоверности данных о КТР определяют метрологическими характеристиками современных дилатометрических устройств.

Критерии для определения КЛТР при выборе интервала температур связывают, во-первых, с природой вкладов в тепловое расширение и, соответственно, с характером увеличения значения КЛТР при повышении температуры от абсолютного нуля и, во-вторых, с применяемыми методиками измерений для определения этой характеристики. Третий критерий для выбора интервала определяют из условий успешной реализации полученных результатов на практике, включая необходимость учета теплового расширения в различных технологиях.

Точность результатов измерений всегда зависит от выбранного типа дилатометрического устройства. При измерении стремятся уменьшить температурный интервал, в котором происходит определение КЛТР. Для ключевых материалов (к ним относится и молибден) измерения проводят с интервалом от 1 до 10 град.

Диапазон температурной зависимости КЛТР в кристаллическом состоянии разбивают на три основных суб-диапазона, на которых зависимость КЛТР от температуры описывают различными функциями. Для таблиц стандартных справочных данных устанавливают КЛТР, используя температуру или диапазон температур вблизи конкретного значения. Своеобразной «реперной» точкой считают температуру, которая в метрологии соответствует нормальным условиям измерений, то есть вблизи температуры 300 К (27 °С), используя для сравнения наиболее доступный диапазон температур от 280 К до 350 К.

4.6 Достоверность данных

Достоверность полученных данных оценивают по результатам совместной обработки двух серий измерений и сравнением рекомендованных данных с обоснованными данными научных работ. Стандартное (среднеквадратическое) отклонение в условиях повторяемости (сходимости) средних значений по результатам двух серий независимых измерений (по 3—5 тысяч рефлексов в каждой) составляет 0,000005 нм при доверительной вероятности 0,95 %. Для обеспечения высокой достоверности полученных результатов проводят предварительные измерения государственных стандартных образцов дифракционных свойств на тех же экспериментальных установках для их калибровки.

Библиография

[1] Кодесс Б.Н. Таблицы стандартных справочных данных, ГСССД 339 — 2018. Молибден. Параметры кристаллической решетки. Коэффициент линейного теплового расширения в диапазоне температур от 90 К до 350 К. — М.: — ФГУП «ВНИИМС», 2018. — 33 с.

[2] Компан Т.А., Коренев А.С., Родина Н.А., Петухов В.А., Попов П.В. Таблицы стандартных справочных данных, ГСССД 270 — 2012. Материалы для эталонных мер ТКЛР. Молибден. Температурный коэффициент линейного расширения в диапазоне температур от — 180 °С до 2400 °С. — М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2012. — 22 с.

УДК 669.539.5-536.6:006.354 ОКС 17.020

Ключевые слова: Государственная система обеспечения средств измерений, стандартные справочные данные, структурные характеристики веществ, дифракционные свойства, параметры кристаллической решетки, коэффициент линейного теплового расширения, молибден, монокристаллы, стандартные образцы, высокая точность, воспроизводимость и достоверность результатов

БЗ 12—2018/48

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 05.12.2018. Подписано в печать 12.12.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,24.
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