

FLUKE®

Calibration

5943

Gallium Melting Point Cell

Руководство пользователя

2004, Rev. 1, 5/11

© 2004-2011 Fluke Corporation. All rights reserved. Specifications subject to change without notice.
All product names are trademarks of their respective companies.

Ограниченная гарантия и ограничение ответственности

Для каждого продукта Fluke гарантируется отсутствие дефектов материалов и изготовления при нормальном использовании и обслуживании. Срок гарантии один год, начиная с даты поставки. На запчасти, ремонт оборудования и услуги предоставляется гарантия 90 дней. Эта гарантия действует только для первоначального покупателя или конечного пользователя, являющегося клиентом авторизованного реселлера Fluke, и не распространяется на предохранители, одноразовые батареи и на любые продукты, которые, по мнению Fluke, неправильно или небрежно использовались, были изменены, загрязнены или повреждены вследствие несчастного случая или ненормальных условий работы или обработки. Fluke гарантирует, что программное обеспечение будет работать в соответствии с его функциональными характеристиками в течение 90 дней, и что оно правильно записано на исправных носителях. Fluke не гарантирует, что программное обеспечение будет работать безошибочно и без остановки.

Авторизованные реселлеры Fluke расширят действие этой гарантии на новые и неиспользованные продукты только для конечных пользователей, но они не уполномочены расширять условия гарантии или вводить новые гарантийные обязательства от имени Fluke. Гарантийная поддержка предоставляется, только если продукт приобретен на авторизованной торговой точке Fluke, или покупатель заплатил соответствующую международную цену. Fluke оставляет за собой право выставить покупателю счет за расходы на ввоз запасных/сменных частей, когда продукт, приобретенный в одной стране, передается в ремонт в другой стране.

Гарантийные обязательства Fluke, по усмотрению компании Fluke, могут ограничиваться возмещением стоимости покупки, бесплатным ремонтом или заменой неисправного изделия, возвращенного в авторизованный сервисный центр компании Fluke в течение гарантийного периода.

Для получения гарантийного сервисного обслуживания обратитесь в ближайший авторизованный сервисный центр Fluke за информацией о праве на возврат, затем отправьте продукт в этот сервисный центр с описанием проблемы, оплатив почтовые расходы и страховку (ФОб пункт назначения). Fluke не несет ответственности за повреждения при перевозке. После осуществления гарантийного ремонта продукт будет возвращен покупателю с оплаченной перевозкой (ФОб пункт назначения). Если Fluke определяет, что неисправность вызвана небрежностью, неправильным использованием, загрязнением, изменением, несчастным случаем или ненормальными условиями работы и обработки, включая электрическое перенапряжение из-за несоблюдения указанных допустимых значений, или обычным износом механических компонентов, Fluke определит стоимость ремонта и начнет работу после получения разрешения. После ремонта продукт будет возвращен покупателю с оплаченной перевозкой, и покупателю будет выставлен счет за ремонт и транспортные расходы при возврате (ФОб пункт отгрузки).

НАСТОЯЩАЯ ГАРАНТИЯ ЯВЛЯЕТСЯ ЕДИНСТВЕННЫМ И ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫМ СРЕДСТВОМ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОКУПАТЕЛЯ НА КОМПЕНСАЦИЮ И ЗАМЕНЯЕТ СОБОЙ ВСЕ ПРОЧИЕ ГАРАНТИИ, ПРЯМЫЕ ЛИБО ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ, ВКЛЮЧАЯ, НО НЕ ОГРАНИЧИВАЯСЬ ЛЮБЫМИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫМИ ГАРАНТИЯМИ ТОВАРНОЙ ПРИГОДНОСТИ ИЛИ СООТВЕТСТВИЯ НАМЕЧЕННОЙ ЦЕЛИ. FLUKE НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА СПЕЦИАЛЬНЫЕ, СЛУЧАЙНЫЕ ИЛИ КОСВЕННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ИЛИ УЩЕРБ, ВКЛЮЧАЯ ПОТЕРЮ ДАННЫХ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ КАКИХ-ЛИБО ДЕЙСТВИЙ ИЛИ МЕТОДОВ.

Поскольку некоторые страны не допускают ограничения срока связанной гарантии или исключения и ограничения случайных или косвенных повреждений, ограничения этой гарантии могут относиться не ко всем покупателям. Если какое-либо положение этой гарантии признано судом или другим директивным органом надлежащей юрисдикции недействительным или не имеющим законной силы, такое признание не повлияет на действительность или законную силу других положений.

Fluke Corporation	Fluke Europe B.V.
P.O. Box 9090	P.O. Box 1186
Everett, WA 98206-9090	5602 BD Eindhoven
U.S.A.	The Netherlands

Содержание

Название	страница
Введение	1
Перед началом работы	2
Используемые символы	2
Информация по технике безопасности.....	3
Как связаться с Fluke	3
Технические характеристики	4
Условия окружающей среды	4
Конструкция	4
Правила ухода и обращения	6
Работа	6
Затвердевание галлия	6
Медленный способ затвердевания.....	6
Быстрый способ затвердевания	7
Автоматизированный способ затвердевания.....	7
Воспроизведение температуры плавления в ванне.....	8
Воспроизведение точки плавления в Системе обслуживания модели 9230. 10	
Коррекция разности давлений	11

Список таблиц

Таблица	Название	страница
1.	Международные электрические символы	2
2.	5943. Технические характеристики	4

Список рисунков

Рисунок	Название	страница
1.	Конструкция элемента точки плавления галлия.....	5
2.	Ванна для обслуживания модели 7011 с вставкой под элемент галлия	7
3.	Идеальное состояние равновесия между жидким/твердым состоянием элемента галлия	9
4.	Типичная кривая плавления галлия.....	10

Введение

Точка плавления галлия при 29,7646 °C является одной из фиксированных реперных точек Международной температурной шкалы от 1990 г. (ITS-90). Точка плавления галлия представляет собой фазовое равновесие жидкой и твердой фазы чистого галлия при давлении в одну атмосферу (т.е. 101,325 Па). Температура данной точки определена на уровне 29,7646 °C по ITS-90, что представляет собой температурный стандарт. Точка плавления является легко воспроизводимой. Вы можете получить почти ту же самую температуру, несмотря на место и время воспроизведения точки плавления галлия. Различия среди различных форм воспроизведения данной реперной точки может составлять лишь десятые доли милликельвина, если Вы тщательно следуете инструкциям, представленным в "Дополнительной информации к шкале ITS-90" Comite Consultatif de Thermometrie (CCT), and Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) 1990.

Для Вашего удобства Fluke разработала серию герметичных элементов и новые методы для определения точки плавления галлия, что упрощает возможности ее воспроизводства. Модель 5943 элемент точки плавления галлия с оболочкой из нержавеющей стали является новым товаром в линейке герметичных элементов точки плавления галлия компании Fluke. Модель 5943 сохраняет все преимущества модели 5903, включая крайне малую погрешность. В отличие от модели 5903 с оболочкой из пирекса, в модели 5943 используется оболочка из нержавеющей стали. Таким образом, модель 5943 гораздо прочнее, чем модель 5903. Герметичные элементы Fluke будут чрезвычайно полезны при воспроизведении точки плавления галлия в вашей лаборатории.

Данная точка представляет собой важную фиксированную точку для калибровки стандартного платинового термометра сопротивления (SPRT). ITS-90 выделяет два поддиапазона (например, от 0 °C до 29,7646 °C и от -38,8344 °C до 29,7646 °C, при которых должен калиброваться SPRT по точке плавления галлия). Проверять стабильность температурного зонда при почти комнатной температуре очень удобно при использовании точки плавления галлия. Точка плавления галлия широко применяется в биологических, экологических, океанографических, геологических исследованиях, а также в области энергетики.

Перед началом работы

Используемые символы

Table 3 содержит международные электрические символы. Некоторые или все эти символы могут использоваться на инструменте или в данном руководстве.

Таблица 1. Международные электрические символы

Символ	Описание	Символ	Описание
	Опасное напряжение		Выкл.
	Горячая поверхность (Опасность ожога)		Вкл.
	Опасность. Важная информация См. руководство.		Предохранитель
	Переменный ток		Аккумулятор
	Переменный ток – Постоянный ток	 N10140	Соответствует действующим в Австралии требованиям по электромагнитной совместимости.
	Постоянный ток		Соответствует действующим в Северной Америке стандартам безопасности.
	С двойной изоляцией		Соответствует нормативам ЕС
	Заземление		Не утилизируйте данное изделие вместе с неотсортированными бытовыми отходами. Информация по утилизации имеется на веб-сайте Fluke.
CAT II	Оборудование категории CAT II защищено от переходных процессов, вызываемых энергоёмким оборудованием стационарных установок, например телевизорами, ПК, портативными инструментами и другой домашней техникой.		

Информация по технике безопасности

Используйте этот прибор исключительно с целью, описанной в данном руководстве. В противном случае имеющиеся в нем средства защиты могут быть нарушены.

Под терминами “предупреждение” и “предостережение” понимается следующее.

- «Предупреждение» определяет состояния и действия, которые могут представлять опасность для пользователя.
- «Предостережение» определяет состояния и действия, которые могут повредить используемый инструмент.

Предупреждение

Во избежание травмы следуйте этим указаниям:

- **НЕ используйте данный прибор в иных, кроме калибровочной работы, целях.**
- **НЕ используйте этот прибор в средах, не указанных в данном руководстве пользователя.**
- **Придерживайтесь всех правил техники безопасности, перечисленных в данном руководстве пользователя.**
- **Не оставляйте платиновый терморезистор в установленном положении на длительное время, это может привести к нагреванию его рукоятки.**
- **Поверочное оборудование должно быть использоваться только обученным персоналом.**
- **Используйте данный Прибор только по назначению. Ненадлежащая эксплуатация может привести к нарушению степени защиты, обеспечиваемой Прибором.**
- **Не используйте Прибор и отключите его, если он имеет повреждения.**
- **Используйте Прибор только в помещении.**
- **Ремонт Прибора следует доверять только авторизованным специалистам.**
- **Галлий является едким материалом. Ознакомьтесь с паспортом безопасности вещества (MSDS), предоставляемом производителем металла.**
- **Федеральный закон запрещает перевозить данный элемент в пассажирской зоне коммерческих авиалиний. См. паспорт безопасности материала на обратной стороне данного руководства.**

Осторожно

Во избежание возможного повреждения прибора следуйте приведенным ниже указаниям:

- **Содержите элемент в чистоте и избегайте контакта с голыми руками, водопроводной водой и загрязненными платиновыми терморезисторами. Если есть вероятность, что на элемент попала грязь, почистите кварцевый кристалл химически чистым спиртом перед его установкой в печи.**
- **Используйте прибор только в вертикальном положении.**

Как связаться с Fluke

Чтобы связаться с представителями компании Fluke, позвоните по одному из указанных ниже номеров.

- Служба технической поддержки в США: 1-877-355-3225
- Служба калибровки/ремонта в США: 1-877-355-3225
- Канада: 1-800-36-FLUKE (1-800-363-5853)
- Европа: +31-40-2675-200
- В Японии: +81-3-6714-3114
- В Сингапуре: +65-6799-5566
- Россия: +7 (495)664-75-12
- Бразилия: +55-11-3759-7600
- В других странах мира: +1-425-446-6110

Ознакомиться с данными о приборе и загрузить последние обновления можно на веб-сайте компании Fluke Calibration по адресу www.flukecal.com.

Прибор можно зарегистрировать по адресу <https://secure.ru.flukecal.com/node/add/product-registration>.

Технические характеристики

См. Таблицу 2 ниже по характеристиками модели 5943 элемента точки плавления галлия.

Таблица 2. 5943. Технические характеристики

Элемент	Диапазон
Воспроизводимость	0,05 мК (0,00005 °С)
Погрешность элемента (k = 2)	от 0,08 мК до 0,15 мК (0,00008 °С до 0,00015 °С)
Сертификация (k = 2)	0,1 мК
Чистота галлия	99,99999 %
Наружный диаметр элемента	38,1 мм
Габаритная высота элемента	250,1 мм
Внутренний диаметр проходного углубления	8,2 мм
Глубина погружения ^[1]	168,0 мм

[1] Глубина замерена от дна проходного канала до верхней поверхности галлия.

Условия окружающей среды

Хотя данный прибор и был сконструирован для оптимальной долговечности и беспроблемной эксплуатации, он требует осторожного обращения. Прибор не должен использоваться в излишне запыленной или грязной обстановке. Прибор безопасно работает при следующих условиях окружающей среды:

- Температурный диапазон: от 5 °С до 35 °С (от 41 °F до 95 °F)
- Относительная влажность окружающей среды: От 15% до 50%
- Давление: от 75 кПа до 106 кПа
- Сетевое напряжение: в пределах ± 10 % номинального
- Высота ниже 2000 метров

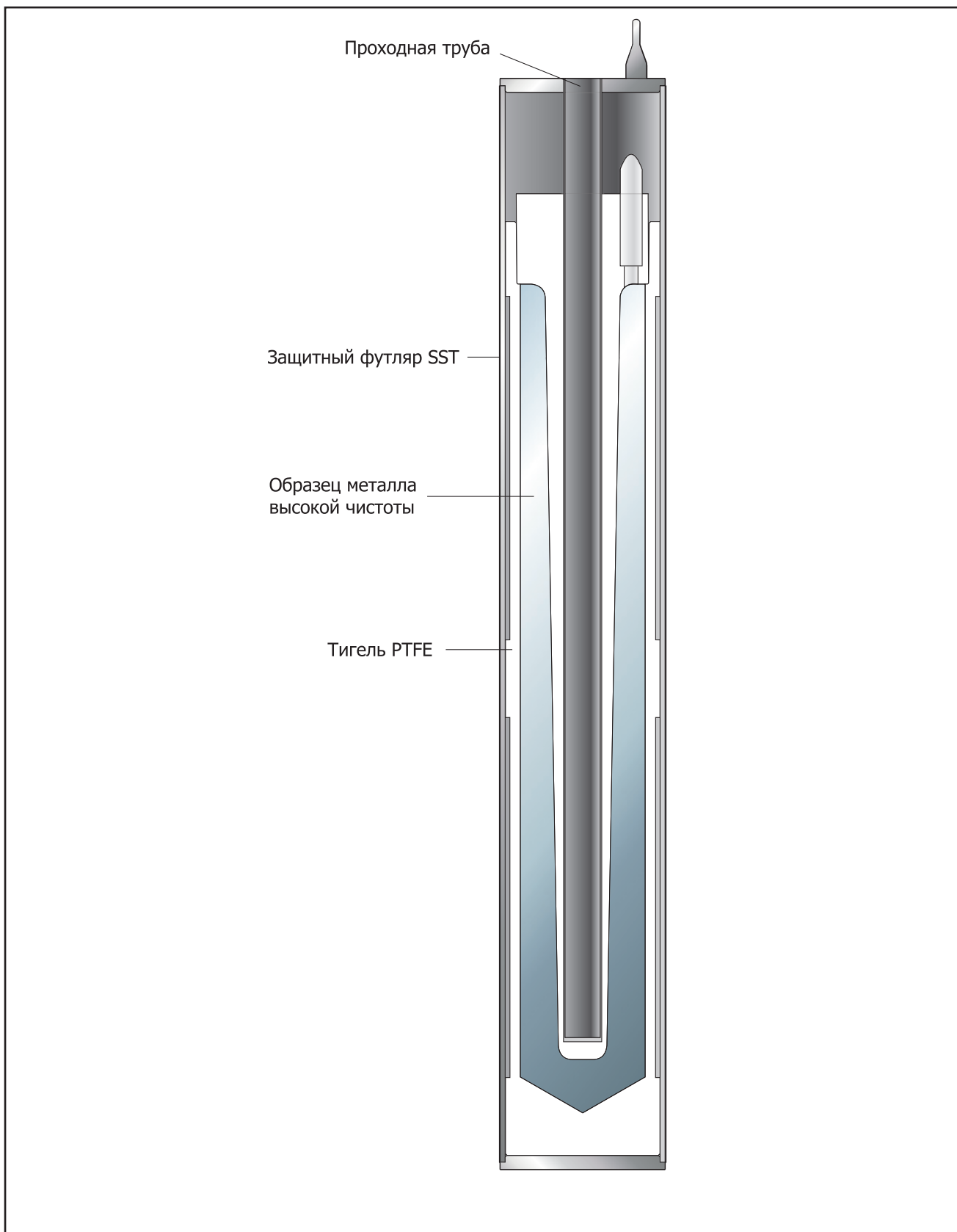
Примечание

Вибрации в районе калибровки необходимо минимизировать

Конструкция

Модель 5943 элемента точки плавления галлия состоит из наружной оболочки из нержавеющей стали, крышки из нержавеющей стали с каналом для термометра, корпусом элемента из тефлона Teflon® Figure 1, в котором содержится галлий высокой чистоты, а также имеется нейлоновая крышка с нейлоновым каналом (см. Рис.). При затвердевании галлий расширяется на 3,1%, для чего необходимо чтобы стенки элемента были пластичными. С этой точки зрения Teflon® представляет из себя подходящий материал, но со временем он начинает пропускать через себя газ. Через четыре года полностью герметичные элементы из тефлона имеют отклонение около 0,5 мК при нормальном использовании. В связи с этим используется наружная оболочка из нержавеющей стали, чтобы не выпускать газ из элемента.

Все части и материал, используемые в конструкции элемента, были тщательно очищены, чтобы избежать любого загрязнения галлия высокой чистоты. Галлий высокой чистоты сначала закупоривался в тефлоново-нейлонном корпусе в атмосфере из чистого аргона (99,999%). Давление аргона в корпусе было отрегулировано на уровне 101,325 кПа при температуре плавления. Фактическое значение данного давления было записано и представлено в отчете по испытанию элемента. Коррекция разности давления от стандартного значения в 101,325 кПа рассчитывается в соответствии с фактическим давлением в элементе (см. раздел "Коррекция разности давлений"). Собранный тефлоново-нейлонный корпус был затем помещен в наружную оболочку из нержавеющей стали. Верхняя часть из нержавеющей стали с проходным каналом была присоединена к наружной оболочке с помощью аргонодуговой сварки. Затем собранный элемент был присоединен к вакуумной системе, и в течение десяти часов происходило вакуумирование. В ходе вакуумирования элемент был очищен несколько раз аргоном высокой чистоты. В заключение элемент был заполнен чистым аргоном 99,999% и закупорен при почти том же давлении, что было в тефлоново-нейлонном корпусе.



gqu001.eps

Рис. 1. Конструкция элемента точки плавления галлия

Правила ухода и обращения

Модель 5943 элемента точки плавления галлия является довольно хрупким устройством. Следует соблюдать осторожность при обращении, использовании и транспортировке элемента. При возможности старайтесь держать галлий в ячейке в твердом состоянии.

⚠ Осторожно
Используйте и храните прибор только в вертикальном положении.

Температура окружающей среды должна быть по крайней мере на 4 °C ниже точки плавления (например, 25 °C или ниже).

Особую осторожность следует соблюдать при транспортировке элемента:

- Галлий лучше транспортировать в твердом состоянии.
- Храните элемент в вертикальном положении.
- Поддерживайте окружающую температуру на уровне ниже 25 °C.

Если внимательно соблюдать инструкции в настоящем руководстве, модель 5943 элемента точки плавления галлия будет служить Вам в течение долгих лет при аккуратном использовании.

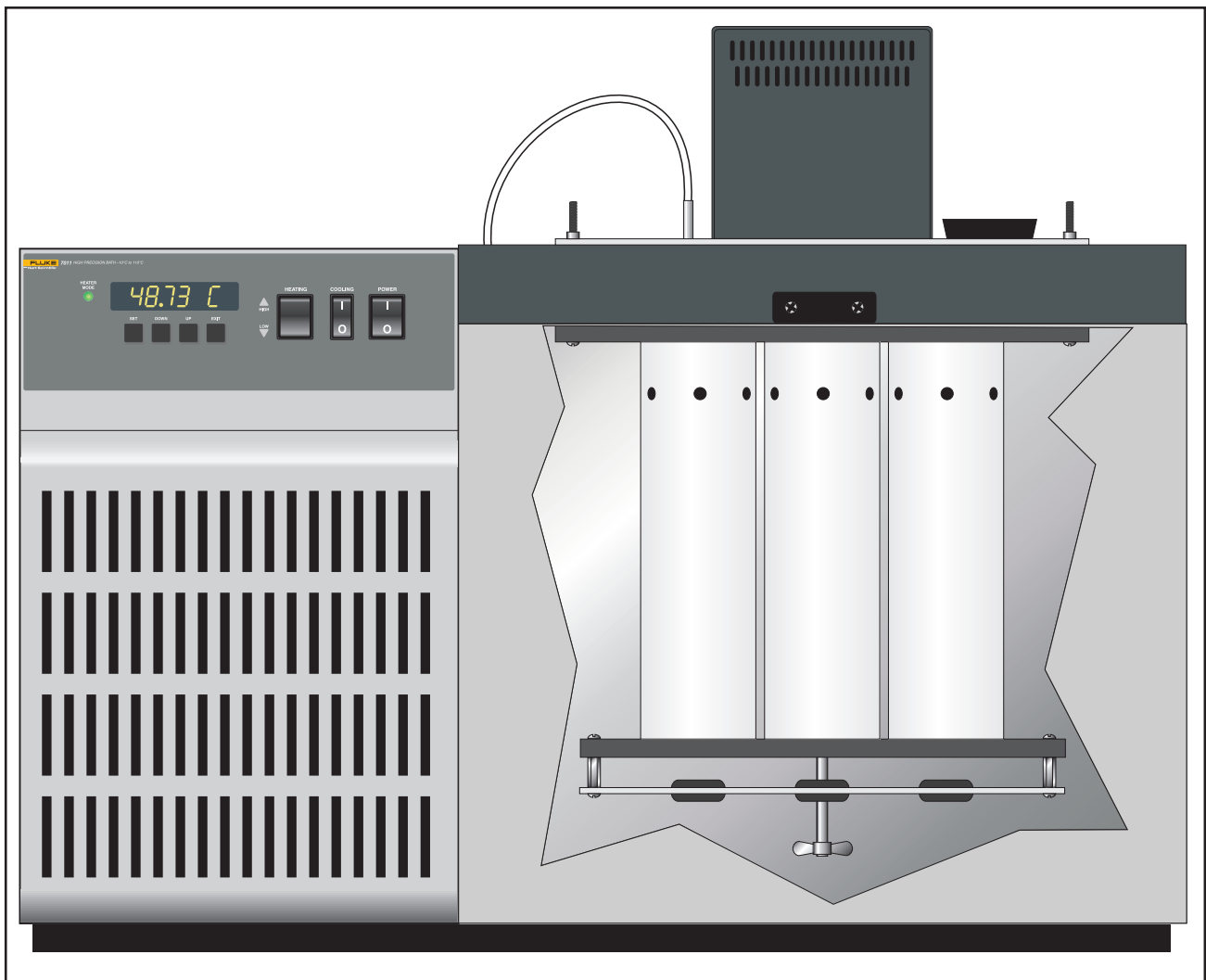
Работа

Затвердевание галлия

В последующих разделах описываются три способа затвердевания галлия: медленный, быстрый и автоматический.

Медленный способ затвердевания

Чтобы обеспечить твердое состояние галлия внутри элемента, погрузите элемент в ледяную ванну (или в ванну с температурой близкой к точке замерзания воды). Сначала погрузите в ванну только $\frac{1}{4}$ элемента, через 30 мин. погрузите на $\frac{1}{2}$ элемента, и еще через 30 мин. погрузите на $\frac{3}{4}$. В связи с тем, что охлаждение галлия требует большого количества времени, даже если температура галлия в элементе опускается до температуры около 0 °C, галлий может еще оставаться в жидком состоянии в течение какого-то времени. В связи с этим контролируйте температуру в элементе с помощью платинового термометра сопротивления (SPRT). Когда элемент помещается в ледяную ванну, температура, определенная с помощью SPRT в элементе, опускается сначала быстро, затем медленно, наконец, температура перестает опускаться. Через некоторое время температура поднимается, что является сигналом того, что галлий начинает затвердевать. Под конец температура опускается снова при полностью затвердевшем галлии. При затвердевании элемент может быть перемещен в ванну для обслуживания, например, в модель 7011 Fluke (см. Figure 2).



gqu002.eps

Рис. 2. Ванна для обслуживания модели 7011 с вставкой под элемент галлия

Быстрый способ затвердевания

Быстрый способ затвердевания основан на Технической записке 1265 Национального института стандартов и технологии (NIST). Начните с элемента с фиксированной точкой при комнатной температуре. Используйте жидкий азот для сильного охлаждения двух или трех медных стержней для вставки их в проходной канал. Медные стержни должны быть немного меньшим диаметром, чем диаметр проходного канала. Например, модель 5943 элемента галлия Fluke имеет проходной канал с внутренним диаметром в 8,2 мм. Прочные медные стержни должны иметь диаметр примерно 7,0 мм. Вставьте два или три сильно охлажденных стержней в проходной канал по очереди для начала кристаллизации. После использования стержней для кристаллизации поместите элемент в ледяную ванну не менее чем на один час. Контролируйте затвердевание с помощью платинового термометра сопротивления (SPRT). После затвердевания поместите элемент в ванну для обслуживания, например, в модель 7011 Fluke (см. Figure 2).

Автоматизированный способ затвердевания

Модель 9230 системы обслуживания Fluke специально предназначена для модели 5943 элемента галлия. Модель 9230 имеет полностью автоматизированную систему для обслуживания модели 5943. Обратитесь к руководству пользователя модели 9230 для

получения полной информации по тому, как использовать устройство обслуживания с элементом галлия модели 5943.

Плато плавления

Воспроизведение точки плавления можно выполнить в ванне или в системе обслуживания модели 9230.

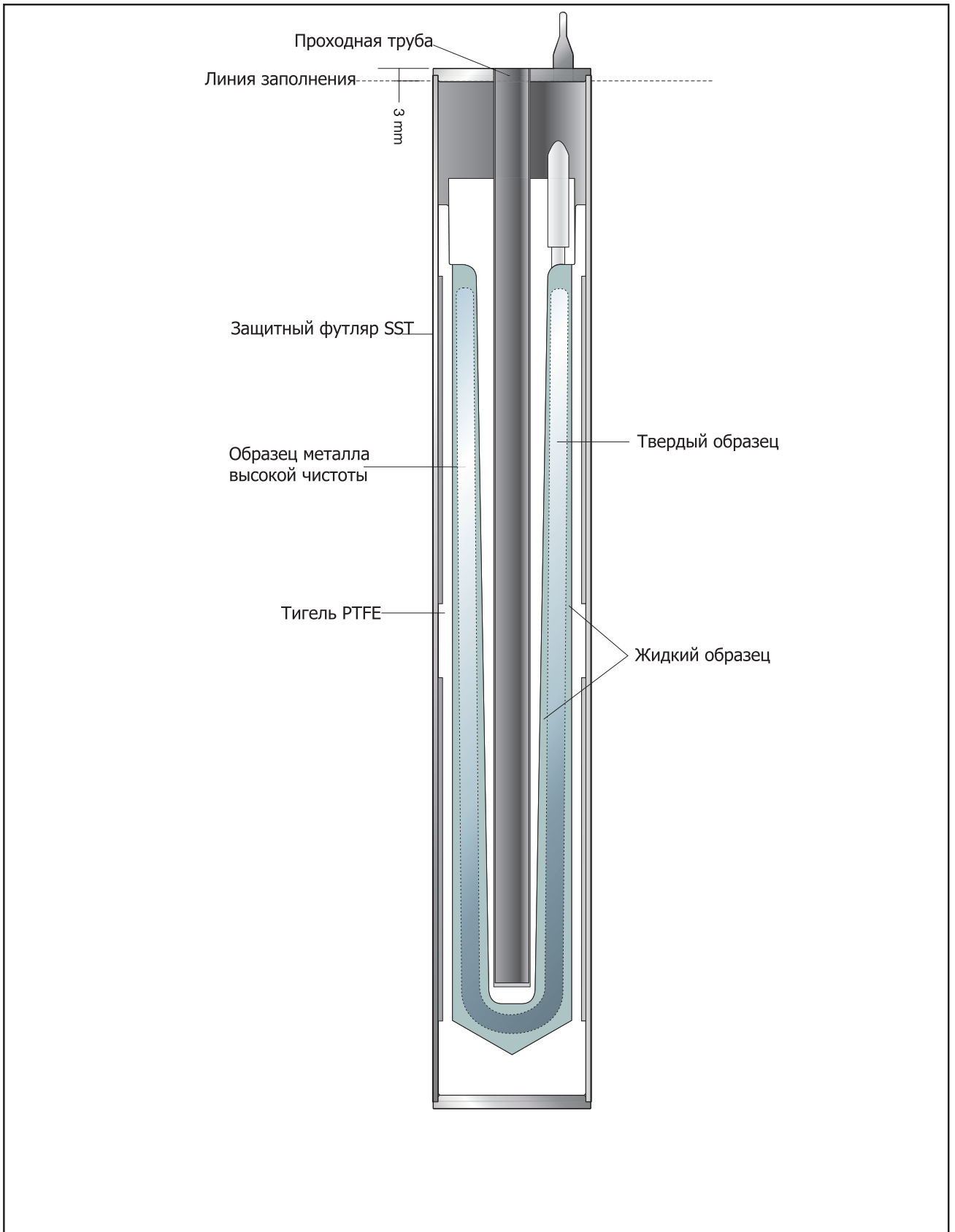
Воспроизведение температуры плавления в ванне

Стабильное и длительное (несколько дней) плато плавления, во время которого можно провести калибровку большого количества термометров, легко получить, если следовать инструкциям, представленным ниже.

Поместите элемент в ванну для обслуживания при температуре на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже точки плавления. Fluke производит ванны модели 7011 со специальной подставкой под элемент и держателем платинового термометра сопротивления (SPRT) с предварительным нагревом с целью поддержания температуры галлиевого элемента (см. Figure 2) Используйте кремниевое масло 200,05 или 200,10 в качестве жидкости для ванны. Вместо кремниевого масла можно применять легкое вазелиновое масло, которое используется в модели 5011 Fluke. То же масло добавьте в проходной канал, чтобы обеспечить достаточный теплообмен между элементом и термометром. Уровень масла в канале должен быть примерно на том же уровне (52 мм от верхнего края элемента), что и галлий в элементе после размещения в элементе термометра.

При соблюдении определенной осторожности вместо масла в качестве жидкости термостата и теплообменной среды можно использовать дистиллированную воду. Дистиллированная вода чище и вязкость воды намного ниже, чем масла. Вода должна быть чистой насколько это возможно. Длительный прямой контакт между нержавеющей сталью и грязной водой вызывает коррозию оболочки элемента. Пользователь должен извлечь элемент из ванны и вытереть поверхность элемента насухо чистой тканью. Когда элемент не используется в течение определенного периода времени, храните элемент в вертикальном положении в чистом месте. Температура окружающей среды должна быть ниже $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перед затвердеванием элемента удалите всю воду из проходного канала с помощью шприца или иного прибора. Никогда не наклоняйте элемент, если Вы не уверены, что галлий полностью застыл. Если температура элемента опускается ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в ходе затвердевания, вода в проходном канале замерзает и может привести к его повреждению.

При воспроизведении кривой плавления в ванне используется следующий порядок действий. Перед началом необходимо убедиться, что весь галлий застыл. Поддерживайте в ванне температуру на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже точки плавления в течение примерно 30 минут. Увеличивайте температуру на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше точки плавления постепенно по $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в минуту. Поддерживайте данную температуру в термостате в течение 20 минут. Затем вставьте нагреватель мощностью 8 Вт в проходной канал на четыре минуты. Через четыре минуты уменьшите температуру ванны в пределах от $0,01$ до $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше точки плавления. Извлеките нагреватель из проходного канала и вставьте предварительно нагретый термометр. При достижении температурного равновесия между термометром и чистым галлием (примерно через 20 минут) начинайте измерения. Для идеального равновесия по жидкому/твердому состоянию элемента галлия во время начала плавления см. Figure 3. Типичная кривая плавления показана на рисунке Figure 4. Если температура термостата установлена на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше точки плавления, продолжительность кривой плавления составит свыше десяти дней. Если температура термостата установлена на $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше точки плавления, продолжительность кривой плавления составит свыше двух месяцев.



gqi004.eps

Рис. 3. Идеальное состояние равновесия между жидким/твердым состоянием элемента галлия

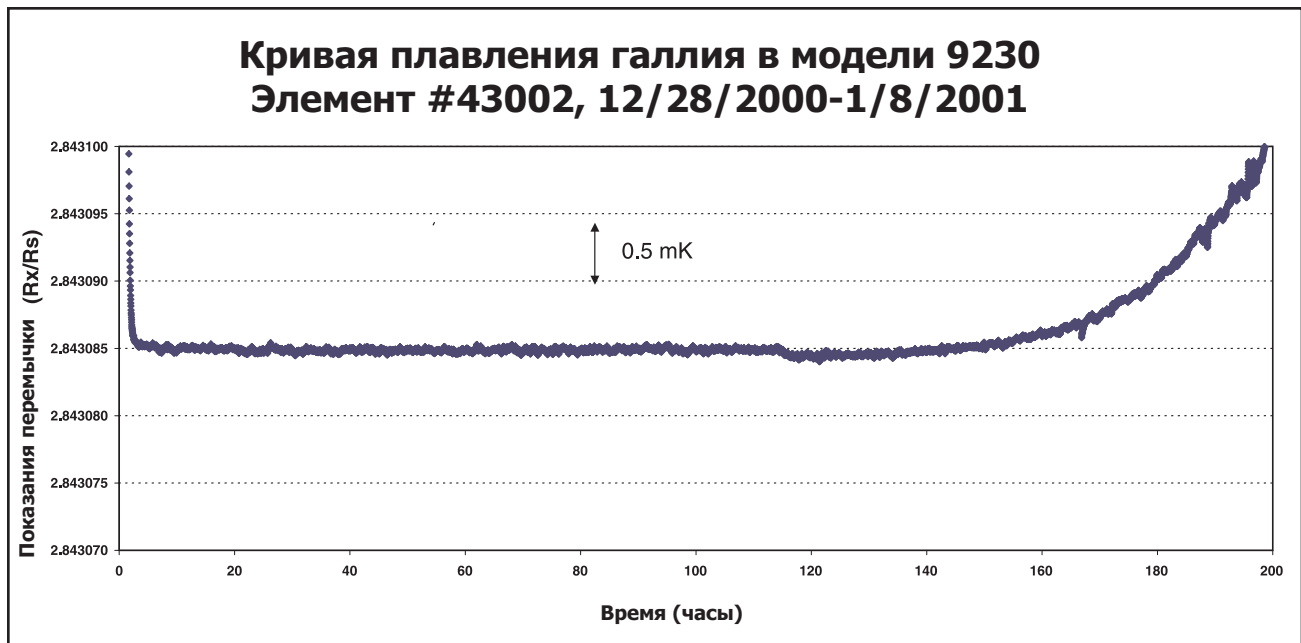


Рис. 4. Типичная кривая плавления галлия

Воспроизведение точки плавления в Системе обслуживания модели 9230

Перед тем как использовать Систему обслуживания модели 9230, пользователь должен ознакомиться со следующей информацией. Модель 9230 предназначена для автоматизации процесса плавления элемента галлия.

Процесс плавления осуществляется посредством использования автоматической программы под управлением микропроцессора, которая определяет установленные температуры, частоту сканирования, длительность периодов действия, конфигурацию модуля Пельтье, а также элементы управления нагревателя. Посредством управления данными параметрами в нужном порядке температурный профиль может поддерживаться в приборе, который обеспечивает равномерное плавление, поддерживает данный уровень в течение длительных периодов времени, соответствующим образом обеспечивает повторное затвердевание элемента и держит элемент в готовности к следующему циклу плавления. В настоящем руководстве представлен лишь краткий обзор процесса плавления. Для получения полной информации по воспроизведению точки плавления в системе обслуживания модели 9230 см. Руководство пользователя модели 9230. В автоматической программе модель 9230 стабилизируется на уровне 29,27 °C, чтобы дать возможность элементу галлия выровняться. После выравнивания программа начинает процесс плавления. Температура прибора устанавливается таким образом, чтобы плавление началось сначала на наружных поверхностях галлия внутри элемента. В соответствующий момент прибор подает сигнал, и на дисплее появится надпись "Htr on (Нагреватель включен)", чтобы уведомить о том, что нагреватель внутреннего плавления был включен. Это дает возможность пользователю поместить нагреватель внутреннего плавления в проходной канал элемента для начала внутреннего плавления. Как только начался процесс внутреннего плавления, нагреватель вынимается из элемента. Прибор автоматически отключает нагреватель в нужный момент. После начала наружного плавления элемента прибор переключается в режим обслуживания, и температура блока сбрасывается до 29,86 °C. Через 30 - 60 минут стабилизации прибор готов к использованию. Длительность уровня плавления отличается от типа использования, но период может длиться до пяти дней или дольше.

Коррекция разности давлений

Точка плавления галлия, как упоминалось ранее, определяется как фазовое равновесие между жидким и твердым состоянием чистого галлия при давлении в 101,325 Па (P_0). Фактическое давление, P , в элементе галлия может не всегда являться стандартным значением. В ходе производства элементов калибровки с фиксированной точкой легко закупорить элемент, если давление в элементе немного меньше, чем давление в помещении. В компании Fluke выполняется измерение фактического значения давления в элементе прямо на уровне точки плавления таким образом, чтобы коррекцию разности давлений можно было провести позднее. В Table 2 ITS-90 предоставляет данные по dT/dP для всех базисных фиксированных точек. Для точки плавления галлия $dT/dP = -2,0 \times 10^{-8} \text{ }^\circ\text{C}/\text{Па}$. В связи с этим фактическая температура равновесия t' может рассчитываться с помощью следующего уравнения.

Уравнение температуры фактического равновесия

$$t' = 29.7646^\circ\text{C} - \left[\frac{2.0 \times 10^{-8} (P - P_0)^\circ\text{C}}{Pa} \right]$$

Кроме того, в ходе измерения на точке плавления датчик термометра SPRT обычно располагается на средней высоте, которая составляет 0,143 м (от 0,168 м до 0,025 м) ниже, чем поверхность галлия, и где давление выше, чем на поверхности вследствие статической головки. Коррекция, рассчитанная в соответствии с данными, представленными в Table 2 ITS-90, составляет $-0,000172 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура равновесия при погружении на глубину 0,143 м может быть подсчитана с помощью следующего уравнения.

Уравнение коррекции давления

$$t' = 29.7646^\circ\text{C} - \left[\frac{0.000172^\circ\text{C} - 2.0 \times 10^{-8} (P - P_0)^\circ\text{C}}{Pa} \right]$$

Пример коррекции давления

Давление аргона, P , на точке плавления в элементе галлия составляет 91,325 Па, что указано в сертификате по калибровке.

$$t' = 29.7646^\circ\text{C} - \left[\frac{0.000172^\circ\text{C} - 2.0 \times 10^{-8} (-10000 Pa)^\circ\text{C}}{Pa} \right]$$

$$t' = 29,7646 \text{ }^\circ\text{C} - 0,000172 \text{ }^\circ\text{C}$$

Поэтому

$$t' = 29,764428 \text{ }^\circ\text{C}$$

