

УТВЕРЖДЕНО
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «14» августа 2024 г. № 1874

Регистрационный № 76815-19

Лист № 1
Всего листов 6

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Радиометры альфа-бета-излучения спектрометрические Tri-Carb и Quantulus

Назначение средства измерений

Радиометры альфа-бета-излучения спектрометрические Tri-Carb и Quantulus (далее по тексту – радиометры) предназначены для измерений активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах, представляющих смесь исследуемого раствора и жидкого сцинтиллятора.

Описание средства измерений

Принцип действия радиометра основан на полном поглощении энергии ионизирующей частицы в жидким сцинтилляторе, высвечивании данной энергии в виде световой вспышки, преобразовании энергии этой вспышки в электрический импульс и накоплении информации в виде спектра, представляющего собой зависимость числа зарегистрированных импульсов от энергии вызвавшей их частицы.

Световая вспышка в сцинтилляторе приводит к возникновению импульсов на выходе фотоэлектронных умножителей (ФЭУ). Эти импульсы поступают на схему совпадений и на схему суммирования; импульс на выходе схемы суммирования стробируется импульсом с выхода схемы совпадений и поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и схему селекции. Результаты селекции и оцифровки импульса сохраняются в памяти прибора и анализируются ПЭВМ. Система выполняет расчет поправок и определяет число импульсов в минуту (CPM) для каждого образца. Для расчета числа распадов в минуту (DPM) прибор определяет счетную эффективность каждого образца и, используя кривую гашения, вычисляет показатели гашения образцов относительно стандартов гашения.

Радиометры выпускаются в двух модификациях:

- Tri-Carb XXXXXX (где XXXXXX – 4810TR, 4910TR, и 5110TR включает цифровые и буквенные индексы производителя, связанные с конструкцией прибора и его функциональными возможностями, не влияющие на метрологические характеристики радиометра);

- Quantulus YYYYYYYY (где YYYYYYYY – GCT 6220 включает цифровые и буквенные индексы производителя, связанные с конструкцией прибора и его функциональными возможностями, не влияющие на метрологические характеристики радиометра).

Радиометр представляет собой моноблок, включающий встроенный персональный компьютер с подключаемыми внешним монитором, клавиатурой и принтером. При необходимости, основной блок может быть соединен с внешней дополнительной ПЭВМ через USB-порт или локальную сеть Ethernet. В комплект поставки радиометра входит набор негашеных стандартов (^3H , ^{14}C , Фон), по которым проводится ежедневное самотестирование и настройка прибора.

Моноблок радиометра модификации Tri-Carb XXXXXX включает в себя:

- измерительный блок, включающий два ФЭУ с автоматической стабилизацией коэффициента усиления, соединенных со светонепроницаемой отражающей оптической камерой;

- систему совпадений, предназначенную для предварительной селекции импульсов;
- систему селекции импульсов по заднему фронту, позволяющую разделять импульсы от световых вспышек, вызванных прохождением альфа-частиц, от таковых, вызванных прохождением бета-частиц;
- пассивную защиту от внешнего фона;
- многопараметрический АЦП;
- автоматическое устройство, предназначенное для перемещения кассет со счетными образцами, позиционирования образцов и загрузки/выгрузки их в счетную камеру. Кассетный реверсивный конвейерный механизм рассчитан на загрузку 408 стандартных флаконов объемом 20 мл или 720 малых флаконов по 4 или 7 мл в зависимости от заказанной конфигурации;
- источник гамма-излучения (низкоэнергетический внешний стандарт) для коррекции спектров по уровням гашения;
- систему анализа измеренных спектров и систему обработки данных, установленные на встроенный компьютер с операционной системой Windows.

Основной блок радиометра модификации Quantulus YYYYYYYY дополнительно включает:

- активную защиту от внешнего фона на основе кристалла BGO, окружающего измерительную камеру, импульсы с которого, инициируемые взаимодействием фонового излучения с веществом кристалла, регистрируются ФЭУ и используются в режиме антисовпадений с целью исключения таких событий из общего счёта;
- технологию компенсации защиты (GCT), которая определяет количество фоновых импульсов, прошедших через защиту BGO, и использует эту информацию для снижения (в реальном времени) фоновых отсчетов при измерении счетного образца.

Радиометры поддерживают несколько режимов измерения (доступность режимов в стандартной комплектации или дополнительно в зависимости от модели радиометра):

- Обычный режим измерений (Normal Count Mode). Является стандартным для всех моделей радиометров Tri-Carb и Quantulus. Рекомендуется для измерения счетных образцов со скоростью счета выше 500 имп/мин;
- Режим измерений с высокой чувствительностью (High Sensitivity Count Mode). Предназначен для образцов с низкой активностью и снижает фон более чем на 20% по сравнению с обычным режимом измерения (Normal Count Mode). Рекомендуется для измерения счетных образцов со скоростью счета от 50 до 500 имп/мин;
- Режим ультранизкого уровня счета (Ultra Low Level Count Mode). Снижает фон более чем на 40% по сравнению с обычным режимом измерения (Normal Count Mode). Рекомендуется для измерения счетных образцов со скоростью счета менее 50 имп/мин;
- Супернизкоуровневый режим измерений (Super Low Level Count Mode). Данный режим измерений входит в стандартную комплектацию моделей Quantulus YYYYYYYY. Позволяет снизить фон более чем на 50% по сравнению с обычным режимом измерений данного радиометра за счет активной защиты от фона. Показатель качества (FOM) радиометра (Figure of Merit=Эффективность²/Фон (E²/B)) в этом режиме составляет 880 для ³H и 6000 для ¹⁴C. Рекомендуется для образцов с чрезвычайно низкой активностью при радиоуглеродном датировании, экологических исследованиях ³H и т.п.

Функция разделения альфа/бета-излучения (альфа-бета разделение) дает возможность расчета суммарной скорости счета отдельно для альфа- и бета-излучающих радионуклидов в смешанном образце; результаты выводятся в виде имп/мин для альфа- и для бета-излучателей (CPMa и CPMb). Для разделения альфа- и бета-событий используется анализ формы и длительности импульса. Определение парциальных скоростей счета отдельных альфа- и бета-излучающих нуклидов не производится.

Пломбирование радиометров Tri-Carb не предусмотрено.

Общий вид радиометров Tri-Carb показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид радиометров альфа-бета-излучения спектрометрических Tri-Carb и Quantulus.

Программное обеспечение

Программное обеспечение (ПО) радиометров является встроенным и состоит из ПО, размещаемого в энергонезависимой части памяти микропроцессорного контроллера, и предустановленного на встроенный компьютер программного обеспечения QuantaSmart.

QuantaSmart – интерфейсное ПО для серии жидкостных сцинтилляционных анализаторов Tri-Carb и Quantulus, работающее по управлению операционной системы Windows. Данный инструмент позволяет пользователям получать доступ ко всем функциям прибора через главное окно программы с помощью стандартных приемов работы в среде Windows и обеспечивает простой доступ ко всем возможностям системы.

Разделение ПО с выделением метрологически значимой части не предусмотрено.

Влияние ПО учтено при нормировании метрологических характеристик.

В соответствии с Р 50.2.077-2014 уровень защиты ПО радиометра от непреднамеренных и преднамеренных изменений соответствует уровню «средний».

Таблица 1 – Идентификационные данные ПО радиометров Tri-Carb и Quantulus

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
Идентификационное наименование ПО	Firmware	QuantaSmart (файл TriCarb.exe)
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.00.16 ¹⁾	5.2 ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО (по MD5)	недоступен	392500C17D0383919111EE F0EEA44561 ²⁾

¹⁾ Номер версии не ниже указанного в таблице

²⁾ Контрольная сумма файла относится к указанной в таблице версии программного обеспечения

Метрологические и технические характеристики

Таблица 2 – Метрологические характеристики радиометров

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений активности бета-излучающих радионуклидов*, Бк Tri-Carb XXXXXX Quantulus YYYYYYYY	от 0,5 до 100000 от 0,35 до 100000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения активности бета-излучающих радионуклидов, %	±10
Диапазон измерений активности альфа-излучающих радионуклидов*, Бк Tri-Carb XXXXXX Quantulus YYYYYYYY	от 0,25 до 50000 от 0,15 до 50000
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения активности альфа-излучающих радионуклидов, %	±10
*) Нижние пределы диапазонов измерений приведены для нормального режима измерений (NCM) при времени измерения 1 час и допускаемой погрешности измерения 10 %. Для другого времени измерения и допускаемой погрешности значение нижнего предела диапазона измерений (НПДИ) определяется по формуле:	
$НПДИ(T, \delta) = НПДИ(1,10) \cdot \frac{10}{\delta \cdot \sqrt{T}},$ где T – время измерения, ч; δ – погрешность, %.	

Таблица 3 – Основные технические характеристики радиометров

Наименование характеристики	Значение
Нестабильность скорости счета за 24 часа непрерывной работы, %, не более	0,20
Эффективность в нормальном режиме измерений (NCM) по негашеному стандарту, %, не менее:	
^3H (в интервале энергий от 0 до 18,6 кэВ)	60
^{14}C (в интервале энергий от 0 до 156 кэВ)	95
Показатель качества (FOM) в нормальном режиме измерений (NCM):	
Tri-Carb XXXXXX;	
^3H (в интервале энергий от 1 до 18,6 кэВ)	180
^{14}C (в интервале энергий от 4 до 156 кэВ)	380
Quantulus YYYYYYYY	
^3H (в интервале энергий от 1 до 18,6 кэВ)	400
^{14}C (в интервале энергий от 4 до 156 кэВ)	1000
Питание от сети переменного тока:	
напряжением, В	230^{+23}_{-35}
частотой, Гц	50±1
Потребляемая мощность, В·А, не более:	
моноблок	125
охладитель	500
Габаритные размеры (моноблок), мм, не более:	
длина	1030
ширина	820
высота	480
Масса защитой и охладителем, кг, не более	240

Продолжение таблицы 3

Наименование характеристики	Значение
Условия эксплуатации:	
- температура окружающего воздуха, °С	от +15 до +35
- относительная влажность воздуха, %	от 30 до 85
- атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7
Средний срок службы, лет	10
Средняя наработка на отказ, ч	20000

Знак утверждения типа

наносится методом компьютерной графики на лицевую панель корпуса радиометра и на титульный лист Руководства по эксплуатации.

Комплектность средства измерений

Таблица 4 – Комплект поставки радиометров Tri-Carb и Quantulus

Наименование	Обозначение	Количество
Радиометры альфа-бета-излучения спектрометрические Tri-Carb (Quantulus) ¹⁾ в составе:	4810TR, 4910TR, 5110TR, Quantulus GCT 6220	1
- моноблок Tri-Carb (Quantulus)	-	1
- внешний монитор	-	1
- внешняя клавиатура	-	1
- съёмный несущий рычаг-подставка для внешнего монитора и внешней клавиатуры	-	1
- комплект приспособлений: держатели образцов, идентификационные «флаги»	-	1
- кабель питания радиометра	-	1
- кабель питания монитора	-	1
- внешняя клавиатура	-	1
- USB кабель клавиатуры	-	1
- холодильная установка ²⁾	Кат.№7601470	1
- кабель питания радиометра холодильной установки ²⁾	-	1
Набор негашеных стандартов (³ H, ¹⁴ C, Фон)	Кат. № 6008500 Кат.№ 6018914	2
Стартовый набор: сцинтиллятор; флаконы 20,0 мл и 7,0 мл ³⁾	-	1
Тележка ²⁾	Кат. № 5086347	1
Радиометры альфа-бета-излучения спектрометрические Tri-Carb и Quantulus. Руководство по эксплуатации	-	1
Методика поверки	МП 2101-002-2019	1

¹⁾ Модель радиометра согласуется при заказе.

²⁾ Поставка согласуется при заказе.

³⁾ Состав стартового набора согласуется при заказе.

Сведения о методиках (методах) измерений

приведены в эксплуатационном документе, при использовании в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений радиометры применяются в соответствии с аттестованными методиками (методами) измерений.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к радиометрам альфа-бета-излучения спектрометрическим Tri-Carb и Quantulus

ГОСТ 4.59-79 Система показателей качества продукции. Средства измерений ионизирующих излучений. Номенклатура показателей;

ГОСТ 27451-87 Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия;

ГОСТ 23923-89 Средства измерений удельной активности радионуклидов. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ 8.033-96 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников;

Техническая документация изготовителя.

Изготовитель

Компания «Revvity, Inc.», США

Адрес: 940 Winter Street Waltham, MA 02451, USA

Телефон: 781-663-6900

Адрес производства: компания «Revvity Singapore Pte Ltd.», 28 Ayer Rajah Crescent, #04-01/08, Singapore 139959

Телефон: (65) 6868 1688

Факс: (65) 6779 6567

Испытательный центр

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И.Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»)

Адрес: 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр-кт, д. 19

Телефон: (812) 251-76-01

Факс: (812) 713-01-14

Web-сайт: www.vniim.ru

E-mail: info@vniim.ru

Уникальный номер записи в реестре аккредитованных лиц № RA.RU.311541.