



УКРАЇНА

(19) UA (11) 15666 (13) C1

(51) G 01 T 1/20

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДМОВСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СЦИНТИЛЯЦІЙНИЙ ДЕТЕКТОР

1

(20) 94321804, 26.04.93

(21) 4906024/SU

(22) 10.12.90

(24) 30.06.97

(46) 30.06.97. Бюл. № 3

(56) 1. Патент США № 4158773,
кл. G 01 T 1/20, 1977.2. Патент США № 4004151,
кл. G 01 T 1/20, 1977 (прототип).(72) Гриньов Борис Вікторович, Мельник
Віктор Іванович

(73) Інститут монокристалів АН України (UA)

(57) Сцинтиляционный детектор, содержащий герметичный контейнер с выходным окном на торце и расположенный внутри контейнера сцинтиляционный кристалл, соединенный оптически с выходным окном,

2

светоотражающей оболочкой из порошкового материала, центрирующими элементами и компенсатором в виде пружины сжатия, отличающийся тем, что в детектор введен второй компенсатор, выполненный в виде пакета без зазора уложенных друг на друга соосно общей оси симметрии детектора колец, попарно скошенных к оси симметрии и периферии соответственно, выполненных из материалов с различными коэффициентами термического расширения, таким образом, что в каждой паре охватываемое кольцо имеет коэффициент термического расширения, превышающий коэффициент термического расширения для охватываемого кольца, при этом пружина сжатия находится внутри пакета.

Изобретение относится к сцинтиляционным детекторам для регистрации ионизирующих излучений, работающих преимущественно в нестабильных температурных режимах.

Известен [1] сцинтиляционный детектор, содержащий герметичный контейнер с выходным окном на торце, расположенный внутри контейнера сцинтиляционный кристалл, снабженный оптической связью с выходным окном, светоотражающую оболочку, центрирующие элементы и поджигающее устройство.

Светоотражающая оболочка выполнена комбинированным образом из кремнийорганической втулки с протуберанцами и порошкообразной окиси алюминия. Поджигающее устройство выполнено из

кремнийорганического материала с аналогичными протуберанцами.

Подобная конструкция позволяет изготовить вибротермопрочный детектор, однако не лишена ряда недостатков.

В процессе эксплуатации при высоких температурах в кремнийорганике происходит как накопление остаточной деформации, так и деструкция, т.е. происходит потеря амортизирующих свойств, кроме того, указанная конструкция не выдерживает ударных осевых нагрузок, направленных от выходного ко входному окну и приводящих к разрушению в ней элемента оптической связи.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является сцинтиляционный детектор [2], представляющий собой

(19) UA (11) 15666 (13) C1

герметичный металлический цилиндр-контейнер с коаксиально расположенным внутри также цилиндрическим монокристаллом галогенида щелочного металла (сцинтиллятора). С одного торца такой детектор имеет оптически прозрачное плоское стеклянное выходное окно. Сам монокристалл внутри контейнера расположен с радиальным зазором, заполненным светоотражающим порошком окиси магния или алюминия. Со стороны выходного окна монокристалл имеет оптическую связь со стеклом. С противоположной от выходного окна стороны торцевой монокристалла выполнен также плоским и нормальным его собственной оси. Этот торцевой располагается внутри контейнера на некотором расстоянии от донной части последнего. Свободное пространство между противоположным входному окну торцевым монокристалла и внутренней поверхностью донной части его контейнера используется для размещения в нем элементов компенсатора несогласующихся между собой (в силу различий физических свойств применяемых материалов) тепловых изменений линейных размеров монокристалла и его контейнера. Выполнен такой компенсатор в виде витой пружины, зажатой между торцом сцинтиллятора и дном контейнера. Чтобы исключить повреждение сцинтиллятора пружиной между ними установлена металлическая прокладка в виде плоского диска. Такой же диск установлен и между пружиной и донной частью контейнера. Коэффициент теплового линейного расширения монокристалла больше аналогичного показателя для контейнера. Поэтому в процессе нагрева относительная длина монокристалла увеличивается. Компенсируется такое увеличение относительной длины монокристалла путем сжатия пружины компенсатора. Эта пружина находится в сжатом состоянии все время, при любых (в пределах рабочего диапазона) температурах, а поэтому обеспечивает надежный оптический контакт монокристалла со стеклом выходного окна детектора.

Недостатком известной конструкции детектора является нежесткая фиксация монокристалла со стороны, противоположной выходному окну. Такое конструктивное решение не исключает возможность осевого смещения монокристалла в направлении от стекла выходного окна и может произойти в результате осевой ударной нагрузки.

В результате осевого удара возможен отрыв монокристалла от стекла выходного окна и нарушение вследствие этого оптической связи между ними. Последнее может произойти без видимых осевых смещений

сцинтиллятора. Несмотря на то, что пружина компенсатора тепловых линейных расширений может вернуть монокристалл в его исходное состояние, оптическая связь его со стеклом выходного окна уже не установится, например, в силу попадания между ними материала светоотражающей оболочки, появление локальных отклеек, отслоений.

Задачей изобретения является создание сцинтилляционного детектора, обеспечивающего повышенную вибротермическую прочность.

Компенсация несогласованных тепловых изменений линейных размеров монокристалла и его контейнера осуществляется путем введения в конструкцию детектора специального узла компенсатора, линейные размеры которого (высота) связаны с температурой обратно пропорциональной зависимостью. Т.е. предлагаемый компенсатор удлиняется при понижении температуры и укорачивается наоборот при повышении температуры. Такой компенсатор выполнен в виде пакета уложенных друг на друга относительно общей оси симметрии изделия плоских элементов, например, дисков. Сопряжение рядом расположенных элементов ("соседей") выполнено по скошенным относительно общей оси симметрии изделия поверхностям, строго повторяющим друг друга. Расположены такие сопрягающиеся поверхности в периферийной части плоских элементов пакета компенсатора. Каждый элемент пакета компенсатора может иметь по меньшей мере одну скошенную поверхность. В случае, если элементы компенсатора выполнены в виде дисков, то скошенные поверхности (сопрягающиеся) могут иметь форму конуса, в частности усеченного. Количество элементов в пакете компенсатора по меньшей мере равно двум. Материал сопрягающихся через скошенную поверхность соседних элементов пакета компенсатора разнороден по способности изменять линейные размеры под воздействием температуры. Величина зазора между периферией каждого из элементов пакета компенсатора и внутренними поверхностями контейнера детектора не постоянна для различных по тепловым свойствам элементов.

Будучи уложенными друг на друга с помощью скошенных поверхностей, строго согласованных между собой, каждая пара элементов компенсатора самоцентрируется. Высота такой пары элементов компенсатора зависит от того, насколько глубоко один из элементов входит внутрь другого и

от собственной высоты (толщины) каждого из них.

В процессе изменения температуры, например увеличения, охватывающий элемент пакета компенсатора, в силу отличия тепловых свойств его материала от свойств материала охватываемого им элемента, увеличивается в размерах более существенно, чем последний. Это обстоятельство приводит к тому, что под воздействием осевых усилий и собственного веса охватываемый элемент пакета все больше смещается внутрь охватывающего и их общая высота (толщина) уменьшается. В силу того, что ширина каждого из элементов пакета компенсатора во много раз превосходит толщину каждого из них, то тепловое изменение толщины каждого из элементов оказывается существенно меньшим от осевого проникновения другого из элементов внутрь первого. За счет этого суммарная высота пакета элементов компенсатора с увеличением температуры уменьшается. Зазоры между периферией элементов компенсатора и внутренними поверхностями контейнера детектора выбираются из условия достаточности места для линейных тепловых расширений при изменении температуры от нижнего предела рабочего диапазона до его верхнего предела. Для каждого из элементов пакета компенсатора указанные зазоры не одинаковы по величине. Те из элементов пакета, тепловые свойства которых ближе к тепловым свойствам материала контейнера, помещаются внутрь последнего с меньшим зазором, чем те элементы, материалы которых по тепловым свойствам сильнее отличаются от материала контейнера. Первые из указанных элементов могут изготавливаться из того же материала, что и контейнер, а величина зазора между ними и контейнером может быть минимальной и выбранной из условий центровки и достаточной осевой подвижности сопряжения: элемент пакета компенсатора – контейнер.

В процессе снижения температуры окружающей детектор среды охватывающие элементы пакета компенсатора уменьшаются в размерах и выталкиваются из себя охватываемые ими элементы. Так суммарная толщина всех элементов пакета компенсатора увеличивается.

Толщина каждого элемента пакета компенсатора и геометрия его скошенных поверхностей, а также количество элементов пакета выбирается исходя из того, какую величину теплового приращения осевого относительного размера сцинтиллятора следует компенсировать.

На фиг. 1 изображено полное осевое сечение сцинтилляционного детектора; на фиг. 2 – фрагмент осевого сечения детектора, в области периферийной части сопрягающихся между собой элементов пакета компенсатора; на фиг. 3 – расчетная схема.

На фиг. изображен детектор, состоящий из сцинтиллятора 1, контейнера 2, стекла 3 выходного окна, верхнего 10 центрирующего кольца 5, цилиндрической боковой части 6 и донной части 7 светоотражающей оболочки. Как и в прототипе со стороны, противоположной выходному окну, внутри контейнера 2 имеется полость. Ограничена эта полость внутренними боковыми цилиндрическими поверхностями контейнера 2, внутренней поверхностью плоской его донной части и одной из поверхностей плоского разделительного диска 8, 20 перегородивающего контейнер на две части. Внутри этой полости, т.е. между внутренней поверхностью плоского дна контейнера 2 и разделительным диском 8 расположен компенсатор несогласованных тепловых изменений осевых размеров сцинтиллятора 1 и контейнера 2 (далее просто компенсатор). Состоит этот компенсатор из пакета уложенных друг на друга 25 колец 9 и 10 и опорного кольца 11. Внутри компенсатора соосно общей оси симметрии детектора расположена цилиндрическая витая пружина 12, находящаяся в предварительно сжатом состоянии. Одним торцом пружина 12 упирается в дно контейнера 2, а другим – разделительный диск 8. Кольца 9 30 компенсатора представляет собой плоскую круглую деталь с цилиндрической нормальной к плоскости симметрии наружной поверхностью 13 (фиг. 2), коническими верхней 14 и нижней 15 торцевыми поверхностями. Все указанные поверхности плавно сопряжены между собой. Конические поверхности 14 и 15 по существу представляют собой боковые поверхности 45 усеченных конусов, ориентированных малыми основаниями навстречу друг к другу. По форме и размерам поверхности 14 и 15 идентичны и отличаются лишь ориентацией в пространстве. Характер внутреннего сопряжения поверхностей 14 и 15 между собой принципиального значения не имеет и выполнено криволинейным. Кольцо 10 50 компенсатора также имеет конусные торцы 16 и 17 и цилиндрическую внутреннюю поверхность 18. Кольцо 15 также симметрично. От кольца 9 кольцо 10 отличается тем, что его конусные поверхности 16 и 17 ориентированы малыми основаниями в противоположные стороны. По форме все конусные поверхности 14, 15, 16 и 17 одинаковы, т.е.

угол при вершине у них совпадает. Отличаются лишь незначительно диаметрами оснований. Между собой поверхности 16 и 17 идентичны. Сопряжения поверхностей 16, 17 и 18 выполнено также плавным. В пакете компенсатора кольца 9 и 19 уложены поочередно и полностью заполняют собой пространство между конусной поверхностью 19 разделительного диска 8 и конусной поверхностью 20 опорного кольца 11. Зазоров между поверхностями 14, 15, 16, 17, 19 и 29 нет. Более того, весь пакет компенсатора находится в предварительном осевом сжатии. Материал колец 9 и 11 — сплав алюминия, т.е. тот же, что и у контейнера 2. Материал колец 10 отличается от материала кольца 9 прежде всего способностью в меньшей мере расширяться при нагревании, например ТИКАДа. Таким образом в предлагаемой конструкции компенсатора кольца 9 из сплава алюминия чередуются с кольцами 10 из ТИКАДа. Внутри контейнера 2 кольца 9 располагаются с минимальным зазором S , обеспечивающим достаточную центровку колец 9 внутри контейнера 2 с одновременной возможностью беспрепятственного осевого их перемещения внутри контейнера 2. Кольца 10 располагаются внутри контейнера 2 с большим зазором S , регламентируемым в основном разностью коэффициентов термического расширения для материалов колец 10 и контейнера 2. Способность ТИКАДа, т.е. материала колец 10, к тепловому расширению в несколько раз ниже, чем аналогичная способность сплава алюминия, из которого выполнен контейнер 2. Поэтому зазор S выбирается из соображений достаточности для беспрепятственного охлаждения всего детектора до нижнего предела рабочего диапазона температур.

В процессе нагрева детектора его сцинтиллятор 1, равно как и контейнер 2, удлиняются вследствие термического расширения. Сцинтиллятор 1 при этом изменяется в размерах более существенно, чем контейнер, поскольку коэффициент термического расширения для материала сцинтиллятора больше, чем соответствующий коэффициент для материала контейнера. Последнее обстоятельство приводит к тому, что расстояние между разделительным диском 8 и дном контейнера 2 уменьшается. Смещение разделительного диска 8 в направлении от выходного окна происходит под напором расширяющегося сцинтиллятора 1 посредством нижнего центрирующего кольца 5 и донной части 7 светотражающей оболочки, изначально находящейся в напряженном, в пределах уп-

ругого сжатия состоянии. Поскольку материал центрирующего кольца 5 податлив для упругих деформаций, то будучи в сжатом состоянии кольцо 5 кроме центрирующих функций выполняет роль уплотнения, предотвращающего попадания порошка светотражающей оболочки в зазор между разделительным диском 8 и контейнером 2. Смещение разделительного диска 8 сопровождается сжатием подпирающей его витой пружины 12. Компенсатор в этом случае работает следующим образом. Кольца 9, идентичные по материалу с материалом контейнера 2, в процессе нагрева увеличиваются в диаметре более прогрессивно, чем кольца 10 из ТИКАДа. В силу последнего обстоятельства кольца 10 получают возможность более глубокого проникновения внутрь колец 9. За счет более глубокого проникновения колец 10 внутрь колец 9 их суммарная толщина, а следовательно и полная высота всего компенсатора в целом уменьшается. За счет подбора ряда геометрических параметров колец 9 и 10, а также за счет использования определяемого по формуле (3) их количества достигается синхронизация температурного удлинения сцинтиллятора 1 и уменьшения длины (высоты) пакета компенсатора. Таким образом в процессе нагрева детектора кольца 9 и 10 пакета компенсатора все время находятся в состоянии полного контакта по скошенным поверхностям как между собой, так и с опорным кольцом 11 и разделительным диском 8. Все элементы пакета компенсатора постоянно находятся в сжатом состоянии и обеспечивают совместно с пружиной 12 осевой подпор разделительного диска 8, а через него донную часть светотражающей оболочки и нижнее центрирующее кольцо 5 и подпор самого сцинтиллятора 1. При снижении температуры окружающей среды процесс протекает в обратном направлении. В этом случае кольца 9, уменьшаясь в размерах более интенсивно, чем кольца 10, расклиниваются последними и раздвигаются, приподнимая вверх, т.е. в направлении выходного окна, разделительный диск 8. Течению такого процесса постоянно способствует и сжатая пружина 12. Синхронно удлинению пакета компенсатора вследствие снижения температуры укорачивается сам сцинтиллятор 1. Изменение длин сцинтиллятора 1 и пакета компенсатора происходит опять синхронно без снятия осевого подпора на сцинтиллятор, а следовательно с гарантией надежного оптического контакта между стеклом 3 и торцом сцинтиллятора 1. Нелинейности в характеристиках термического расширения материалов детектора

компенсируются за счет упругого сжатия донной части 7 светоотражающей оболочки и центрирующего кольца 5, выполненного из упругого материала. Поскольку углы у оснований конусных поверхностей 14, 15, 16, 17 и 19 колец 9, 10 и 11, а также разделительного диска 8 не превышают углов трения, то пакет компенсатора имеет абсолютно жесткую по отношению к сжимающему осевому усилию конструкцию. Последнее обстоятельство гарантирует невозможность отрыва сцинтиллятора 1 от стекла 3 и разрушения между ними оптического контакта даже при воздействии ударной осевой нагрузки, прикладываемой к донной части контейнера 2 извне.

Расчет основных параметров геометрических характеристик колец 9 и 10 покажем, используя расчетную схему фиг. 3. На фиг. 3 изображен участок осевого сечения колец 9 и 10 пакета компенсатора, заключенный между секущими плоскостями ОО и №№ по фиг. 1. Треугольник А, В, С, относится к осевому сечению кольца 9, находящегося в исходном температурном состоянии, а треугольник А₂В₂С₂ к осевому сечению кольца 10, также находящегося в идентичном с кольцом 9 температурном состоянии. В исходном температурном состоянии два указанных треугольника образуют прямоугольник А₁В₁А₂В₂. При повышении температуры кольцо 9 увеличивается в геометрических размерах и его новое температурное состояние отображает треугольник А₁В₁С₁. Для простоты наложения считаем, что в течение температурных изменений сторона А₁В₁ остается все время неподвижной и все смещение будем измерять относительно нее. Точка D₁, изначально находится на середине стороны А₁В₁, а точка D₂ — соответственно на стороне А₂В₂. Расстояние от точек D₁ и D₂ до оси симметрии детектора при исходном температурном состоянии определяется радиусом R₀. В новом температурном состоянии вследствие того, что коэффициент термического расширения K кольца 9 меньше соответствующего коэффициента K₂ для кольца 10, треугольник А₂В₂С₂ будет значительно превосходить в размерах треугольник А₁В₁С₁. Удаление точки D₁ от оси симметрии детектора теперь будет определяться радиусом R₁' > R₂, точки D₂ радиусом R₂' > R₁' > R₀. Построение треугольников второго температурного состояния проводится по формуле

$$x^1 = xk\Delta t + x, \quad (1)$$

где x — длина одной из сторон треугольника в первом температурном состоянии;

x¹ — длина той же стороны треугольника во втором температурном состоянии;

K — коэффициент термического расширения для соответствующего кольца;

Δt — разница температур первого и второго температурных состояний. Величины радиусов R₁ и R₂ также определяются по этой же формуле. При определении положения в пространстве второго из треугольников А₂В₂С₂ учитывалось, что точка приложения всех трех радиусов R₀, R₁' и R₂' — общая, а сторона В₁С₁ и В₂С₂ всегда касаются друг друга (совпадают). Расстояние между А₁В₁ и А₂В₂ обозначим через H, а расстояние между А₁В₁' и А₂В₂' через H'. Определим величину усадки ΔH = H — H' конструкции при переходе ее во второе температурное состояние. Величину усадки можно выразить как сумму отрезков ΔH = H(D₁'K' + MD₂') или так —

$$\Delta H = H - [D_1'K_1' + (D_2'K_2' - K_1'M \operatorname{tg} \alpha)] \quad (2)$$

где α = ∠А₁В₁С₁

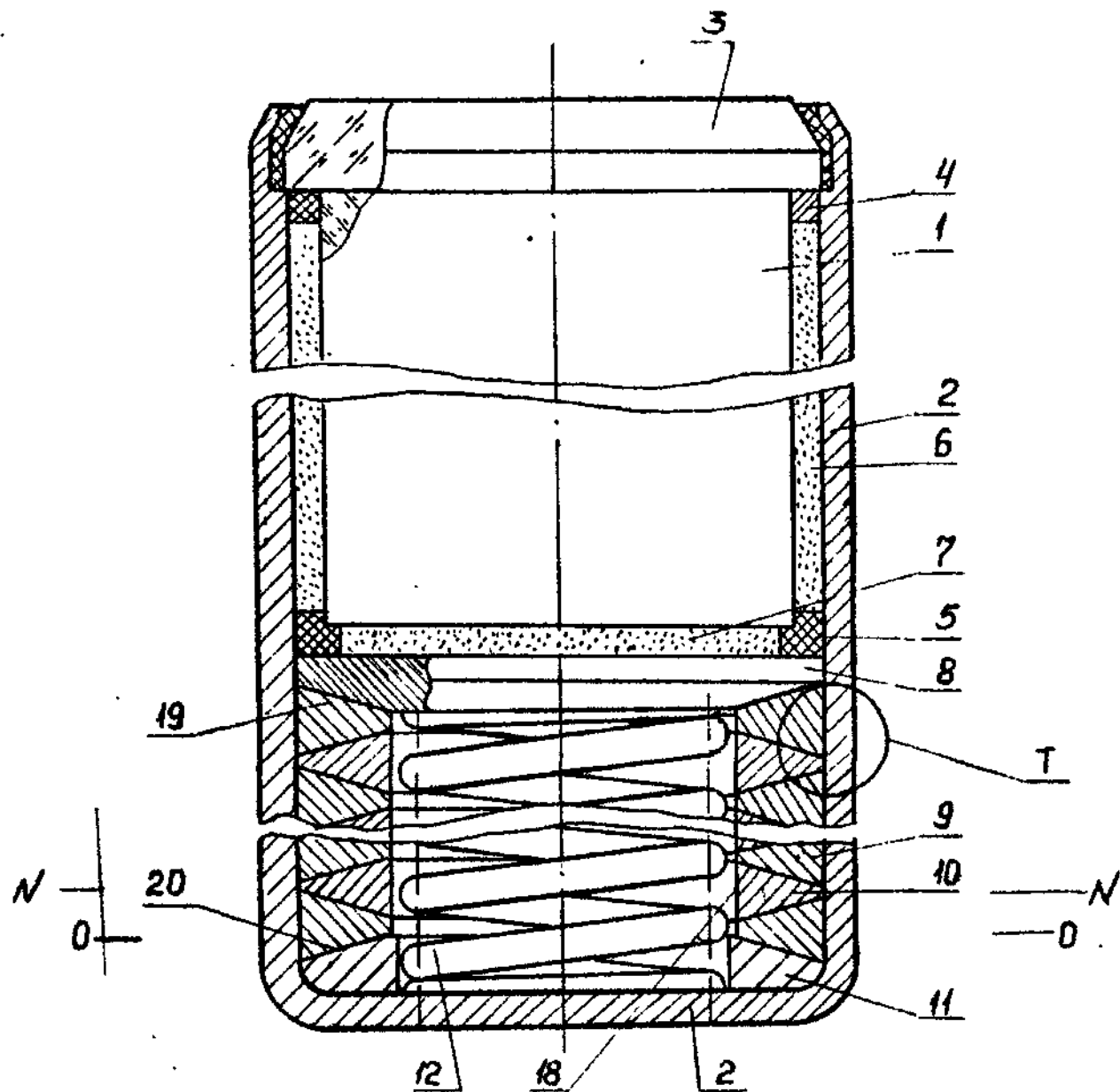
В конечном счете выражение для определения усадки примет вид:

$$\Delta H = H \left[1 - \frac{1}{2} (K_1 \Delta t + K_2 \Delta t + 2) + R_0 \Delta t (K_2 - K_1) \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (3)$$

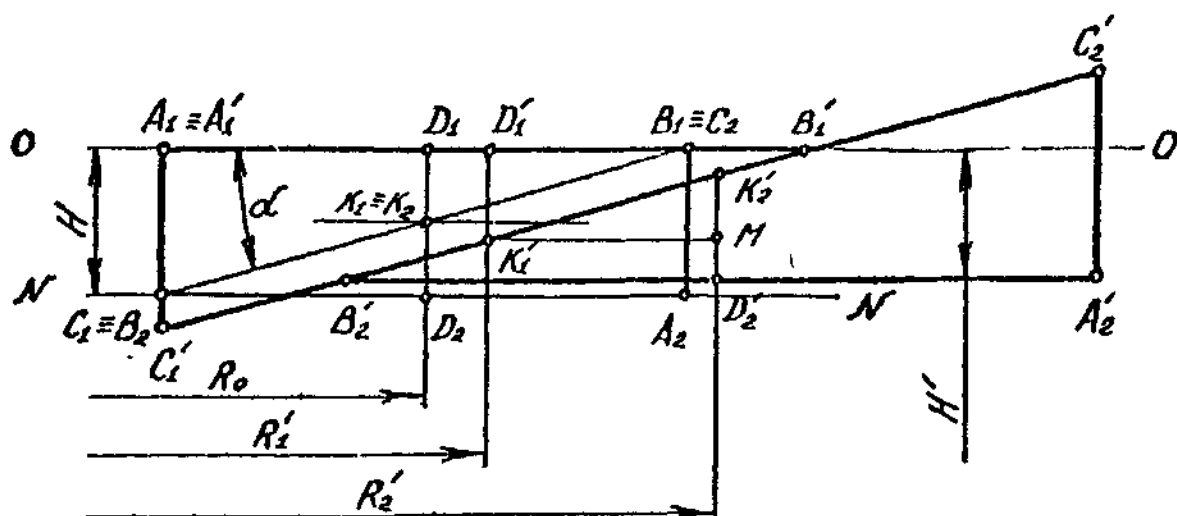
Первое слагаемое полученного выражения зависит только от одного конструктивного параметра H, а второе — от двух R₀ и α. Если H устремить к нулю, то к нулю будет стремиться и tg α. Учитывая, что радиус R₀ — параметр независимый, но синхронно с уменьшением H можно R₀ увеличивать, добиваясь того, что второе слагаемое останется фиксированным, в то время, когда первое будет убывать. Таким образом всегда найдется такое H, при котором усадка ΔH будет положительной. В том случае, если величина ΔH, посчитанная для одной пары колец, будет недостаточной, чтобы компенсировать изменения длины сцинтиллятора 1, следует прибегнуть к использованию нескольких пар таких колец. Подбирая геометрические параметры H, α и R₀ колец, а также нужное количество их пар, добиваются того, чтобы между тепловыми изменениями осевых размеров сцинтиллятора 1, контейнера 2 и пакета компенсатора достигалась полная синхронность. Нелинейности в законах тепловых характеристик материалов, из которых изготавливаются вышеупомянутые детали, компенсируются за счет упругого сжатия донной части 7 светоотражающей оболочки и нижнего центрирующего кольца 5.

Преимуществом предлагаемой конструкции детектора является то обстоятельство, что сцинтиллятор 1 в нем всегда закреплен жестко и даже при ударных осевых нагрузках смещаться 5
вдоль собственной оси не может. Пружина

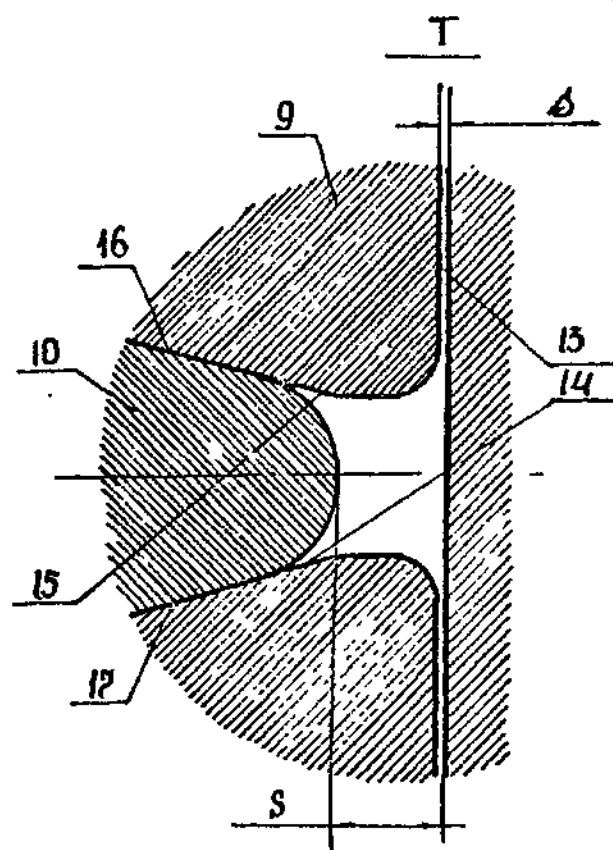
12 — элемент не обязательный в конструкции детектора, но ее присутствие позволяет частично разгрузить от осевых нагрузок пакет колец компенсатора и следовательно снизить трение между ними.



Фиг. I



Фиг. 3



Фиг. 2

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор М. Керецман

Замовлення 4195

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101



المجلس الأعلى للدراسات والبحوث
