



УКРАЇНА

(19) UA (11) 9940 (13) C1

(51) G 01 T 1/20

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СЦИНТИЛЯЦІЙНИЙ ДЕТЕКТОР ТА СПОСІБ ЙОГО СКЛАДАННЯ

1

(20) 94321592, 26.04.93

(21) 4905845/SU

(22) 10.12.90

(46) 30.09.96. Бюл. № 3

(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 1074061, кл. G 01 T 1/20, 1982.2. Авторское свидетельство СССР
№ 1094453, кл. G 01 T 1/20, 1982.

(71) Науково-виробниче об'єднання "Монокристалреактив"

(72) Гриньов Борис Вікторович, Мельник
Віктор Іванович

(73) Інститут монокристалів АН України (UA)

(57) 1. Сцинтилляционный детектор, содержащий сцинтиллятор, светоотражающую оболочку, герметичный контейнер, включающий выходное окно и центрирующие кольца со стороны выходного окна и противоположной стороны, отличающийся тем, что противоположная выходному окну часть контейнера, а также обращенный к ней торец сцинтиллятора выполнен выпуклой формы, противоположное выходному окну центрирующее кольцо выполнено из упругого материала, уложено на внутренней поверхности входного окна, имеет переменный внутренний диаметр,

2

большой со стороны сцинтиллятора, и посажено на торец сцинтиллятора с натягом.

2. Способ сборки сцинтиляционного детектора, включающий установку сцинтиллятора в контейнер, его центровку, формирование светоотражающей оболочки, герметизацию, отличающийся тем, что после установки упругого центрирующего кольца внутрь контейнера, перед началом формирования светоотражающей оболочки со стороны, противоположной входному окну, внутрь контейнера устанавливают неподвижную технологическую втулку и закрепляют ее в положении касания к центрирующему кольцу, формируют часть светоотражающей оболочки со стороны входного окна до достижения материала оболочки уровня посадочного места под сцинтиллятор в центрирующем кольце, удалив технологическую втулку, запрессовывают внутрь посадочного места кольца сцинтиллятор до упора с усилием, не превышающим предел прочности сцинтиллятора на сжатие, и дальнейшую сборку детектора осуществляют со сцинтиллятором, прижатым к противоположной от выходного окна части контейнера.

Изобретение относится к устройствам для регистрации и спектрометрии ионизирующего излучения, в частности, к сцинтилляционным детекторам, работающим в относительно стабильных температурных условиях и при значительных динамических нагрузках.

Важным условием, обеспечивающим высокую устойчивость сцинтилляционных

характеристик при и после воздействия механических факторов, является стабильность оптического контакта сцинтиллятора с выходным окном, а также стабильность светоотражающих характеристик его оболочки, формируемой из вязкосыпучих материалов

Известен сцинтилляционный детектор [1], содержащий светоотражающую оболочку,

(19) UA (11) 9940 (13) C1

герметичный контейнер, выходное окно выполненное специальным образом ("завальцованное"). Способ сборки указанного детектора включает установку, жесткое укрепление выходного окна в узле крепления, установку и центровку сцинтиллятора в корпусе контейнер, формирование светоотражающей оболочки путем послойного уплотнения порошкообразного отражателя.

Известное решение не позволяет изготавливать устойчивые к механическим воздействиям изделия с удовлетворительными сцинтилляционными характеристиками, т.е. в детекторе отсутствует элемент оптической связи между выходным окном и сцинтиллятором. При воздействии вибраций, ударов, линейных нагрузок, могут происходить просыпка светоотражающей оболочки в узел выходного окна, т.е. сцинтилляционные характеристики будут ухудшаться необратимым образом.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является конструкция сцинтилляционного детектора [2]. В известном устройстве сцинтиллятор не имеет специальных устройств для фиксации его положения внутри контейнера и удерживается в нем только лишь за счет сил трения между внешними поверхностями кристалла и материалом светоотражающей оболочки, выполненной из спрессованного порошка. Выходное окно в таком устройстве состоит из стекла и телескопически связанной с контейнером оправы. Телескопическая связь оправы и контейнера главным образом выполняет функции уплотнения и обеспечивает герметизацию внутреннего объема детектора. Поскольку стекло наклеено на торец сцинтиллятора и не имеет жесткой связи с контейнером, но в процессе механических воздействий на надежность соединения стекломонокристалл вес и габариты последнего влияния практически не оказывают.

Сборка по известному способу включает установку сцинтиллятора в контейнер, его центровку, формирование светоотражающей оболочки, герметизацию.

Недостатком известного изобретения является недостаточная механическая связь самого сцинтиллятора с контейнером. В случае осевых механических нагрузок, когда вектор ускорения направлен в противоположную от стекла сторону, возможен частичный выход монокристалла из контейнера, сопровождающийся нарушением целостности светоотражающей оболочки по всему ее периметру и, главным образом, по торцевой ее части. После снятия механических нагрузок восстановление конструк-

ции не происходит, т.е. не восстанавливаются сцинтилляционные характеристики.

В основу изобретения поставлена задача создания сцинтилляционного детектора и разработка способа его сборки, в которых новое выполнение элементов конфигурации детектора и новой последовательности проведения сборки обеспечили бы устойчивость сцинтилляционных характеристик в условиях механических воздействий.

Решение задачи обеспечивается тем, что в сцинтилляционном детекторе, содержащем сцинтиллятор, светоотражающую оболочку, герметичный контейнер, включающий выходное окно и центрирующие кольца со стороны выходного окна и противоположной стороны, согласно изобретению, противоположная выходному окну часть контейнера, а также обращенный к ней торец сцинтиллятора выполняется выпуклой формы. Противоположное выходному окну центрирующее кольцо выполнено из упругого материала и уложено на внутренней поверхности входного окна. Кольцо имеет переменный внутренний диаметр, больший со стороны сцинтиллятора, и посажено на торец сцинтиллятора с натягом.

Решение задачи обеспечивается также тем, что в способе сборки сцинтилляционного детектора, включающем установку сцинтиллятора в контейнер, его центровку, формирование светоотражающей оболочки, герметизацию, согласно изобретению, после установки упругого центрирующего кольца внутрь контейнера, перед началом формирования светоотражающей оболочки со стороны, противоположной входному окну, внутрь контейнера устанавливают неподвижную технологическую втулку и закрепляют ее в положении касания к центрирующему кольцу. Формируют часть светоотражающей оболочки со стороны входного окна до достижения материала оболочки уровня посадочного места под сцинтиллятор в центрирующем кольце, удалив технологическую втулку, запрессовывают внутрь посадочного места кольца сцинтиллятор до упора с усилием, не превышающим предел прочности сцинтиллятора на сжатие. Дальнейшую сборку детектора осуществляют со сцинтиллятором, прижатым к противоположной от выходного окна части контейнера.

Наиболее опасным для детекторов воздействиями являются одиночные удары, характеризующиеся ускорениями, многократно превышающими ускорения, вызываемые вибрацией, а также нагрузками, возникающими в детекторе при крайних значениях температур. В зависимости от ха-

рактера закрепления сцинтиллятора в контейнере возникают различные условия его нагружения при воздействии ударов с ускорением a и длительностью импульса τ . Зачастую кристалл имеет возможность перемещаться внутри контейнера. При этом наиболее опасные подвижки возникают при ударах, направленных вдоль оси детектора: для кристалла — от входного окна к выходному; для элемента оптической связи, как в указанном направлении (будет происходить его раздавливание, появление трещин), так и в противоположном (будет происходить его разрыв). В случае осевых воздействий сцинтиллятор с контейнером приобретает скорость:

$$v = a \tau \quad (1)$$

При остановке контейнера кристалл будет продолжать движение с указанной скоростью (1) до момента торможения либо с узлом выходного окна, либо с узлом входного окна:

$$m v = t R \quad (2)$$

где m — масса кристалла,

R — сила реакции в месте торможения,

t — продолжительность удара.

Возникающие напряжения:

$$\sigma = \frac{R}{S} \quad (3)$$

где S — площадь взаимодействующей поверхности кристалла.

Таким образом, для сцинтиллятора NaI(Tl) плотность которого $\rho = 3,67 \cdot 10^3 \text{ кг м}^{-3}$, размерами $\varnothing 0,05 \times 0,25 \text{ м}$, при длительности импульса $\tau \sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ сек}$ и времени соударения $t \sim 10^{-6} \text{ сек}$ получим:

$$\sigma = \frac{\rho h a \tau}{t} \cdot a = \frac{3,67 \cdot 10^3 \cdot 0,25 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{10^{-6}} \times$$

$$x \ a \approx 2,75 \cdot 10^6 \text{ а},$$

при условии, что удар воспринят всей торцевой поверхностью сцинтиллятора.

Однако известно, что предел прочности монокристаллов NaI(Tl) при комнатной температуре $\sigma' \sim 2 \cdot 10^7 \text{ н м}^{-2}$, т.е. воздействие на указанный детектор ударов с ускорениями $\sim 10 \text{ г}$ приводит к возникновению в сцинтилляторе напряжений соизмеримых с пределом его прочности. Кроме того в реальных условиях ударная нагрузка распределяется неравномерно по всей торцевой поверхности кристалла, а воспринимается сравнительно небольшой поверхностью кристалла, вплоть до точечного контакта.

Таким образом, в случае незакрепления внутри контейнера крупногабаритного сцинтиллятора, непременно приведет к его разрушению при одиночных ударах $> 10 \text{ г}$.

Сущность предлагаемого изобретения — жестко зафиксировать сцинтиллятор внутри детектора. При этом у узла входного окна детектора кроме герметизации появляются новые свойства — упругая, напряженная, центрирующая посадка кристалла.

До этого входное окно детектора выполнено выпирающим наружу ступенчатой криволинейной формы. По его внутреннему периметру уложено центрирующее кольцо со ступенчатым внутренним диаметром и соответствующим периферии донной части контейнера наружным профилем. Особенностью центрирующего кольца является геометрическая форма не контактирующих с контейнером его поверхностей. Со стороны сцинтиллятора кольцо имеет больший внутренний диаметр, чем в средней и противоположной своей части. Эта часть кольца представляет собой посадочное место для торца сцинтиллятора, а поэтому охватывает его со стороны дна контейнера и соответствующего края боковой цилиндрической поверхности. Посадка центрирующего кольца на торец сцинтиллятора напряженная с постоянным или переменным по длине сопряжения, увеличивающимся в направлении дальнего торца сцинтиллятора, натягом. Материал кольца податлив для упругих деформаций, например фторопласт

Со стороны выходного окна детектор также имеет центрирующее кольцо, установленное между сцинтиллятором и контейнером. Сам блок выходного окна представляет собой неподвижное соединение оптического стекла с контейнером детектора

Особенностью конструкции самого сцинтиллятора является выпуклая или ступенчатая форма противоположного от выходного окна торца, сочетающая в себе плоские, конусные или криволинейные элементы для безотказного сочленения со входным окном и центрирующим кольцом.

Принципиальными отличиями способа сборки предложенной конструкции сцинтилляционного детектора является следующее:

50 первым внутри контейнера монтируют донное центрирующее кольцо и закрепляют его клеем;

55 перед началом формирования донной части светотражающей оболочки внутрь контейнера устанавливают неподвижную технологическую втулку и закрепляют ее в положении касания к донной центрирующей втулке не прибегая к осевым усилиям;

формирование донной части светотражающей оболочки детектора продолжают до тех пор, пока материал оболочки не до-

стигнет уровня посадочного места под сцинтиллятор в центрирующем кольце;

в качестве критерия для оценки требуемой степени уплотнения сыпучего материала светоотражающей оболочки используют факт появления упругих свойств ее;

по завершению формирования донной части светоотражающей оболочки удаляют технологическую втулку;

устанавливают внутрь контейнера сцинтиллятор и запрессовывают его внутрь посадочного места центрирующей втулки до полного выбора всех зазоров и частичного сжатия уже сформированной донной части светоотражающей оболочки;

осевое усилие воздействующее на сцинтиллятор при сжатии донной части светоотражающей оболочки выбирают из условия:

$$F \sim KS \sigma^*,$$

где σ^* – предел прочности сцинтиллятора на сжатие;

S – площадь поперечного сечения сцинтиллятора;

K – коэффициент запаса прочности; в процессе формирования цилиндрической части светоотражающей оболочки донную ее часть удерживают в сжатом, посредством сцинтиллятора состоянии;

по завершению формирования цилиндрической части светоотражающей оболочки сцинтиллятор продолжают удерживать в прижатом ко дну контейнера состоянии и верхнее центрирующее кольцо запрессовывают в зазор между сцинтиллятором и контейнером до уровня верхнего торца сцинтиллятора;

снимают осевое усилие воздействующее на сцинтиллятор с целью сжатия донной части светоотражающей оболочки (если плотность прессовки вязкосыпучего материала светоотражающей оболочки в цилиндрической ее части достаточна, то в этой ситуации сцинтиллятор остается неподвижным, поскольку осевое усилие воздействующее на него со стороны сжатой донной части светоотражающей оболочки уравновешивается силами трения, воздействующими на боковые поверхности сцинтиллятора со стороны остальной части светоотражающей оболочки);

формируют элемент оптической связи стекла выходного окна со сцинтиллятором;

устанавливают стекло выходного окна, предварительно прижав его к торцу сцинтиллятора неподвижно закрепляют и герметизируют стык с контейнером.

Других технических решений, имеющих признаки, сходные с признаками, отличаю-

щими заявляемое техническое решение от прототипа не обнаружено, следовательно заявляемое решение соответствует критерию "существенные отличия".

5 На фиг.1 изображено конструктивное решение донной части сцинтилляционного детектора, в состоянии предшествующем запрессовке сцинтиллятора в посадочное место нижнего центрирующего кольца (местный осевой разрез).

10 На фиг.2 – то же, в полностью собранном состоянии (местный осевой разрез).

15 На фиг.3 изображена выходная оконная часть детектора (местный осевой разрез), в полностью собранном состоянии.

На фиг.4 изображена донная часть детектора (местный осевой разрез) в состоянии формирования соответствующей части светоотражающей оболочки.

20 Примеры конкретного выполнения

Ниже приводим конструкторские реализации заявляемого технического решения (фиг.1-4).

25 Детектор имеет цилиндрическую симметричную конструкцию состоящую из контейнера 1, нижнего центрирующего кольца 2, сцинтиллятора 3, донной 4 и боковой цилиндрической 5 частей светоотражающей оболочки, верхнего центрирующего кольца 6 и стекла 7 выходного окна. Контейнер 1

30 детектора представляет собой традиционно цилиндрический стакан из прочного жесткого материала, например нержавеющей стали или сплавов алюминия. Дно контей-

35 нера 1 выполнено монолитным заодно с боковыми стенками 8. По форме дно контейнера 1 выпуклое и состоит из сферической центральной части 9 и конической 10

40 периферии, соединяющей сферическую часть 9 с боковыми цилиндрическими стенками 8. Внутри контейнера 1 по периметру его донной части, т.е. на внутренней поверхности конусного участка 10 и примыка-

45 ющим к нему поверхностям уложено центрирующее кольцо 2 с посадочным местом 11 под сцинтиллятор 3. Посадочное место 11 под сцинтиллятор 8 образовано местным расширением проходного отвер-

50 стия кольца 2 и представляет собой цилиндрическую кольцевую выборку с плоской 12 и цилиндрической 13 поверхностями. Плоская поверхность 12 посадочного места 11 под сцинтиллятор 3 ориентирована нор-

55 мально оси симметрии контейнера и всего изделия в целом. Цилиндрическая поверхность 13 – соосна общей оси симметрии детектора. Закреплено кольцо 2 внутри контейнера 1 клеем. Материал кольца 2 податлив для упругих деформаций. Донная часть 4 светоотражающей оболочки располагает-

ся на внутренней поверхности выпуклой части 9 дна контейнера 1 внутри кольца 2 и выполнена из традиционных материалов, например из прессованного порошка окиси магния или алюминия. По толщине донная часть 4 светотражающей оболочки достигает плоской поверхности 12 посадочного места 11 в кольце 2 под сцинтиллятор 3. Предлагаемая конструкция дна контейнера 1 обосновывается ее стойкостью против выпирания наружу при внутреннем осевом нагружении. Конусный переход 10 к боковым стенкам 8 контейнера 1 наряду с большой технологичностью, позволяет снять возможные при прямоугольном сопряжении концентрации напряжений. Степень выпуклости дна и глубина посадочного места 11 внутри кольца 2 выбираются из соображений обеспечения оптимальной толщины донной части 4 светотражающей оболочки, лежащей в пределах 2–3 мм.

Сам сцинтиллятор 3 выполнен традиционно цилиндрическим с нормальным оси симметрии плоским торцом 14. Особенностью сцинтиллятора 3 является то, что периферия его торца 14 выполнена скошенной в виде конусной поверхности 15.

Со стороны выходного окна детектор (фиг.3) также имеет центрирующее кольцо 6, запрессованное в зазор между сцинтиллятором 3 и контейнером 1. Это кольцо 6 предупреждает отклонение сцинтиллятора 3 от общей оси симметрии изделия в процессе формирования оптической связи сцинтиллятора 3 со стеклом 7 выходного окна и последующего закрепления последнего внутри контейнера 1 детектора.

Сборка детектора (см. фиг.4) начинается с закрепления на монтажном столе 19 контейнера 1 и установки внутрь него первого центрирующего кольца 2. Последнее на дне контейнера закрепляют клеем. После этого внутрь контейнера 1 соосно с ним устанавливают технологическую втулку 20. Внутренний диаметр технологической втулки 20 в точности соответствует минимальному диаметру посадочного места 11 под сцинтиллятор 3 в теле центрирующего кольца 2. Поскольку материал кольца 2 податлив к упругим деформациям, то втулку 20 закрепляют не прибегая к осевым усилиям. Назначением втулки 20 является предохранение посадочного места 11 под сцинтиллятор 3 от попадания на него материала светотражающей оболочки 4, в процессе формирования последней. Дозирование материала светотражающей оболочки выполняют традиционным весовым методом. Уплотнение с помощью плунжера 21 нижний торец 22 которого полностью соответствует форме тор-

ца сцинтиллятора 3, который позже будет установлен в данный контейнер 1. По высоте сформированная донная часть светотражающей оболочки 4 в точности достигает края посадочного места 11 под сцинтиллятор 3 в теле кольца 4, или, что то же самое, внутреннего ребра 23 технологической втулки 20. Толщина светотражающей оболочки 4 в свободном состоянии больше необходимой, с точки зрения собранного детектора. Степень уплотнения оболочки 4 контролируется по появлению упругих свойств, т.е. по появлению способности к восстановлению прежней, на момент времени до начала воздействия плунжера 21, толщины. После того, как донная часть светотражающей оболочки 4 сформирована, технологическую втулку 20 удаляют, а на место нее устанавливают сцинтиллятор 3. Устанавливают сцинтиллятор 3 путем приложения осевого усилия, достаточного для преодоления сил трения и упругости возникающих при проникновении торца сцинтиллятора 3 внутрь посадочного места 11 в теле кольца 2, а также сил упругости, действующих на сцинтиллятор 3 со стороны сжимаемой им светотражающей оболочки 4. Степень сжатия светотражающей оболочки 4 (донной ее части) определяется отношением H/h , где $H > h$ см. фиг.1 и в дальнейшем будет задавать осевое напряженное состояние всего детектора в целом. В процессе запрессовки сцинтиллятора 3 в сопряжении сцинтиллятор-кольцо выбирают все зазоры. Происходит это за счет взаимного их смещения друг относительно друга и за счет упругих деформаций контактирующих со сцинтиллятором 3 частей центрирующего кольца 2. После запрессовки сцинтиллятора 3 и сжатия им донной части оболочки 4 сцинтиллятор закрепляют и удерживают неподвижно на протяжении целого ряда последующих операций. Осевое усилие при запрессовке сцинтиллятора не превышает предела прочности с учетом его запаса. После этого формируют цилиндрическую часть светотражающей оболочки 4 и по завершению в зазор между сцинтиллятором 3 и контейнером 1 запрессовывают верхнее центрирующее кольцо 6. После этого осевую нагрузку со сцинтиллятора 3 снимают. Сжатая донная часть 4 светотражающей оболочки на этом этапе сборки детектора уже не в состоянии вытолкнуть сцинтиллятор 3 из контейнера 1 по причине уравновешивающего воздействия сил трения между боковыми стенками 18 сцинтиллятора 3 и внутренней поверхностью его контейнера 1. После этого одним из известных методов формируют оптиче-

скую связь между стеклом 7 выходного окна и торцом сцинтиллятора 3 и вклеивают в контейнер стекло 7 герметизируя стык 24.

Предложенная конструкция детектора и способ его сборки позволяет получить ряд качественных улучшений изделия:

– выпуклое наружу дно контейнера 1 в достаточной мере реактивно по отношению к воздействию внутренних осевых нагрузок, что немаловажно при использовании предварительно напряженной конструкции;

– сопряжение донной части контейнера 1 с его цилиндрическими стенками 8 посредством конусного перехода 10 позволяет значительно уменьшить в этом месте концентрации напряжений, а следовательно с успехом применить более тонкостенный контейнер 1;

– жесткости донной части контейнера 1 способствует ее гофрированная периферия, образованная переходами от выпуклости 9 к кольцевому плоскому 16 участку, а затем снова к конусному 10, сопрягающему донную часть в целом со стенками 8 контейнера 1;

– кроме того плоская 16 периферийная часть дна контейнера 1 используется для удобства крепления центрирующего кольца 2;

– выпуклая форма торца 14 сцинтиллятора 3 совместно с такой же формой донной части контейнера 1 позволяет получить светотражающую оболочку 4 фиксированной толщины, а следовательно минимизировать потери ионизирующего облучения поступающего на сцинтиллятор 3 со стороны его торца 14.

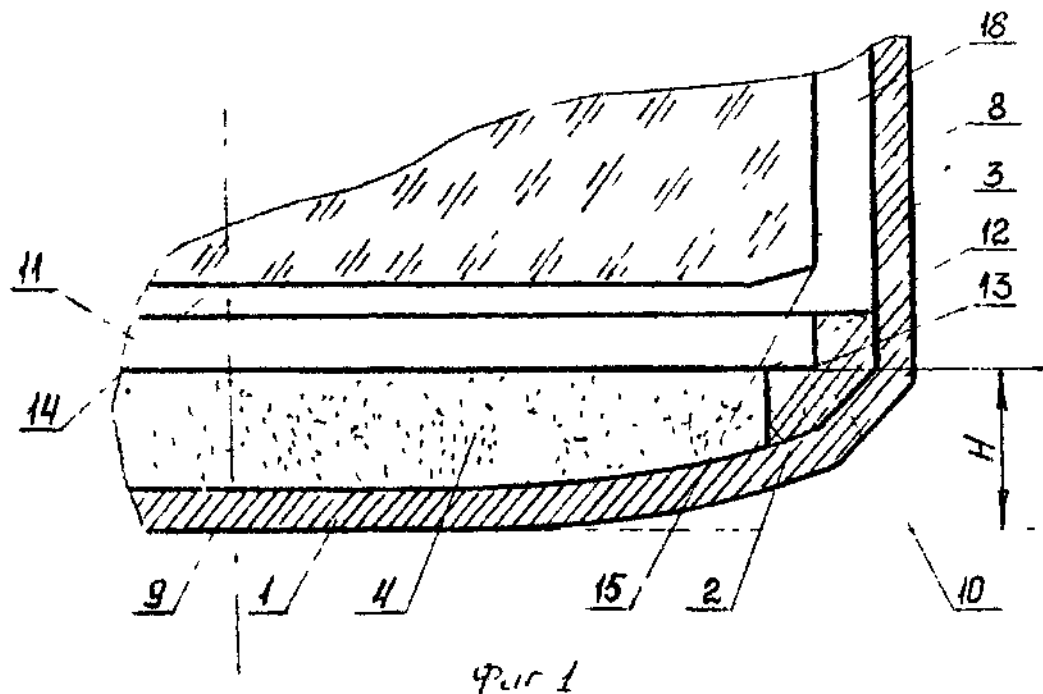
– поскольку центрирующее кольцо 2 устанавливается в контейнер 1 первым, а также поскольку оно закрепляется там с помощью клея, то оно позволяет более надежно фиксировать сцинтиллятор 3 внутри контейнера 1 как на этапе сборки с контейнером 1, так и на этапе его эксплуатации и особенно при воздействии внешних механических нагрузок;

– надежной центровке сцинтиллятора 3 способствует и напряженная его посадка внутри центрирующего кольца 2;

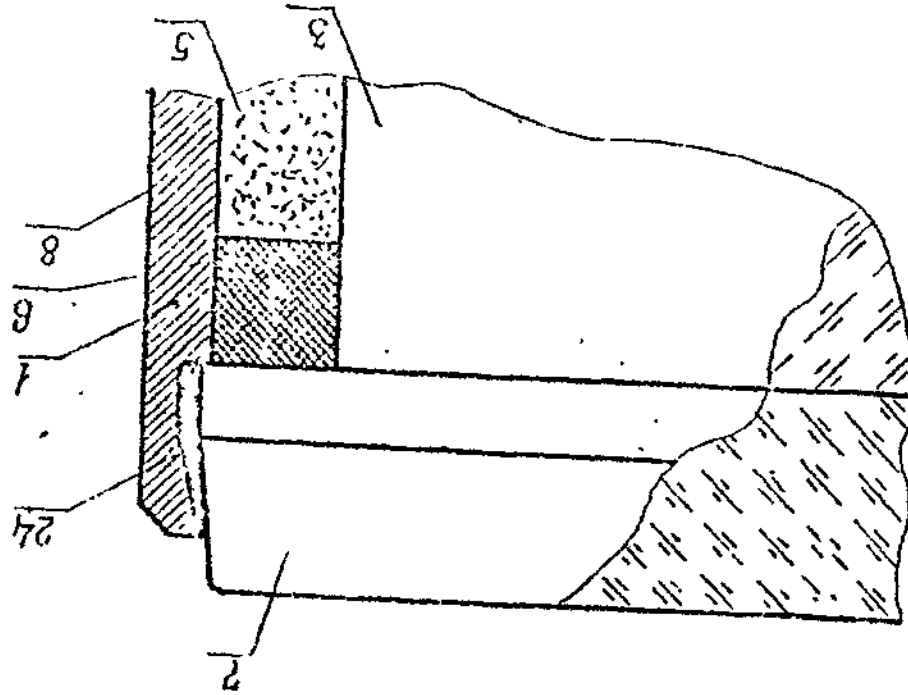
– поскольку приторцевая часть сцинтиллятора 3 и кольцевое посадочное место 11 под него в теле кольца 2 спроектированы таким образом, что величина натяга переменна по глубине посадочного места и убывает по мере приближения к торцу 14 сцинтиллятора 3, то это позволило повысить гарантии точной сборки сопряжения, а следовательно обеспечить и более высокую точность сборки сопряжения стеклосцинтиллятора;

– напряженное осевое состояние сцинтиллятора 3 внутри контейнера 1 и особенно напряженное состояние самой донной части светотражающей оболочки 4 гарантирует их надежный оптический контакт равно как и надежный оптический контакт между стеклом 7 выходного окна и другим торцом сцинтиллятора 3;

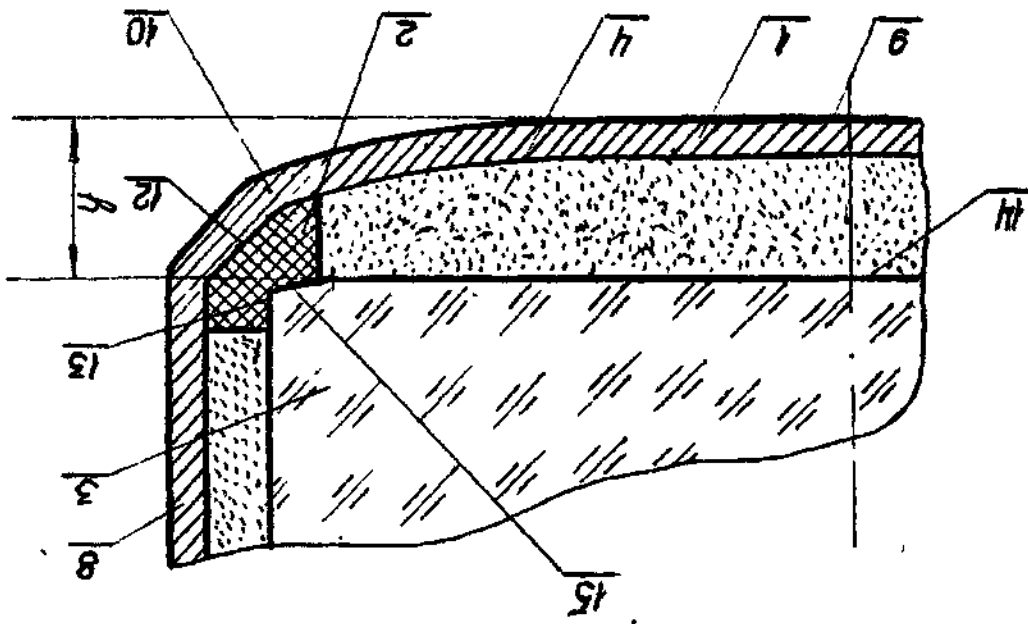
– напряженное состояние донной части 4 светотражающей оболочки исключает разуплотнение ее в процессе вибрации, тряски и других механических нагрузок

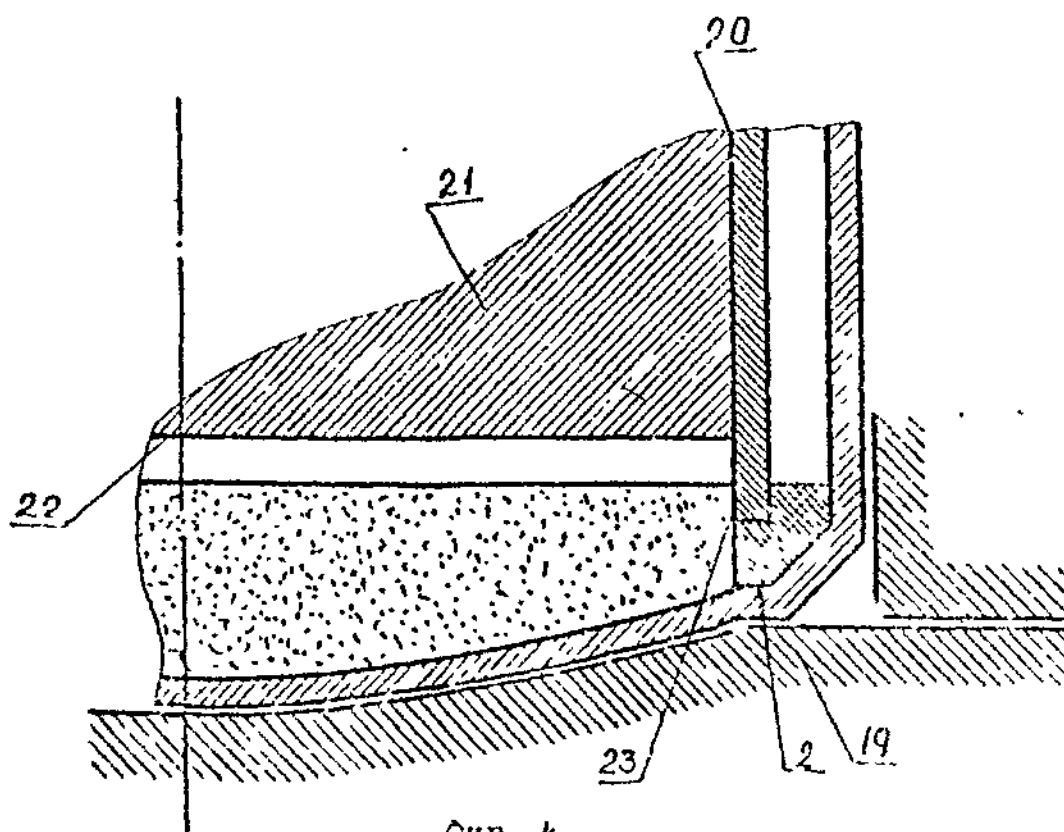


Фиг. 3



Фиг. 2





Фиг. 4

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор

М. Куль

Замовлення 4559

Тираж

Підписне

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

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