

72
Р-131

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Л.Я.ЖИЛЬЦОВА, М.Н.МЕДВЕДЕВ

ОРГАНИЧЕСКИЕ ПЛЕНОЧНЫЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ

1957

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Л.Я.ЖИЛЬЦОВА, М.Н.МЕДВЕДЕВ

Ж-72

ОРГАНИЧЕСКИЕ ПЛЕНОЧНЫЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Для регистрации сильно ионизирующего излучения предлагается использовать пленочные сцинтилляционные счетчики.

Технология приготовления пленочных сцинтилляторов проста. По сравнению с монокристаллами или пластическими сцинтилляторами, пленочные сцинтилляторы могут готовиться любых размеров. Так например, изготовление пленочного сцинтиллятора на бумажной подложке размерами $600 \times 800 \text{ мм}^2$ не встретило никаких трудностей. Сцинтиллятор был изготовлен в течение суток.

Пленочные сцинтилляторы не требуют механической обработки. Они обладают малым весом, стойки при перепаде температур и не боятся влаги. Пленочные сцинтилляторы требуют небольшой расход дорогостоящих сцинтиллирующих материалов. Кроме того, они могут готовиться из отходов производства пластических сцинтилляторов.

С точки зрения эффективности регистрации ионизирующего излучения они не уступают неорганическим пленочным сцинтилляторам из $\text{ZnS}(\text{Ag})$, а по временному разрешению превосходят их. Это означает, что пленочные сцинтилляционные счетчики могут регистрировать интенсивности почти в 1000 раз большие, чем неорганические сцинтилляторы.

Пленочные сцинтилляционные счетчики могут успешно применяться в ядерной физике для регистрации сильно ионизирующего излучения и нейтронов при наличии γ -фона.

Технология получения пленок

Исходным материалом для пленок является раствор полистирола со сцинтиллирующими веществами. Этот раствор готовится следующим образом.

Дважды перегнанный под вакуумом стирол заливается в ампулу и добавляется сцинтиллирующий наполнитель. Для удаления растворенных в стироле газов проводится пробукивание азотом с последующей откачкой ампулы. Откачка проводится до прекращения выделения пузырей, после чего ампула запаивается. Запаянная ампула нагревается в водяной бане до полного растворения наполнителя, затем помещается в термостат, нагретый до температуры $70^{\circ} + 80^{\circ}\text{C}$.

При этой температуре ампула выдерживалась до образования густой тянущейся массы. После этого ампула извлекалась из термостата и у нее отбивалась горловина. Поверхность подложки, на которую должен наноситься слой сцинтиллирующего раствора, подвергалась химической очистке (промывка толуолом).

В качестве подложки можно использовать бумагу, картон, стекло, металл и другие материалы.

Сцинтиллирующий раствор наносился ровным слоем на подложку, а затем высушивался при комнатной температуре. В зависимости от назначения сцинтиллятора можно готовить пленки толщиной от 0.03 до $1 + 2$ мм.

Со стеклянных подложек пленка легко снималась и из нее готовились сцинтилляторы нужной конфигурации. С бумажных, металлических подложек и подложек из оргстекла пленка не снимается. Готовились двусторонние пленки на подложках из бумаги и оргстекла.

Снятые со стеклянных подложек сцинтиллирующие пленки обладают большой эластичностью и механической прочностью. Пленки выдерживают температурный перепад в области от 40° до 50°C . Пленки, как и пластические сцинтилляторы, могут приготавливаться с любыми сцинтиллирующими наполнителями.

Необходимо заметить, что сцинтиллирующий раствор можно приготовить из образцов пластических сцинтилляторов или отходов при обработке пластиков. Для приготовления раствора образцы пластиков разрезались на небольшие кусочки и промывались в начале в спирте, а затем в бензоле. После химической очистки, пластмасса растворялась в толуоле до образования густой тянущейся сцинтиллирующей массы.

Некоторые характеристики пленочных сцинтилляторов

Пленочные сцинтилляторы изготовлялись диаметром 35 мм. и различных толщин. Оптический контакт с фотокаодом фотоумножителя достигался с помощью вазелинового масла.

Измерения амплитуд импульсов пленочных сцинтилляторов были сделаны с ФЭУ-С. В качестве источников использовались γ -лучи $RdTh$ и α -частицы Pu^{239} .

В таблице I приведены результаты измерений амплитуд импульсов от пленочных сцинтилляторов^{х)} по отношению к монокристаллу стильбена, для которого амплитуда импульса при облучении γ -лучами $RdTh$ принята за сто.

Для сравнения в этой таблице приведены данные амплитуд импульсов от некоторых образцов пластических сцинтилляторов при облучении их α -частицами и γ -лучами.

х) Все пленки изготовлялись из сцинтиллирующего раствора, полученного вторым способом.

Т а б л и ц а № I

№№ пп	Типы сцинтилляторов	Толщина сцинтил. (мм)	Амплитуды импульсов по отношению к стильбену		Отношение амплитуды импульсов от α -частиц к γ -лучам.
			γ -лучи	α -частицы	
			$E_{\gamma}=2,63\text{МэВ}$	$E=5\text{МэВ}$	
I	2	3	4	5	6
I. 2 % терфенила		0,03 10	- 58	49 27	0,46
2. 1% PPO		0,11 0,13 10	- - 70	49 48 30	0,43
3. 1% Δ N PO		0,11 0,18 10	- - 67	47 48 31	0,46
4. 2% Δ NPO		0,10 0,15 10	- - 66	48 48 30	0,45
5. 1,5% ТФБ		0,06 0,23 0,5 15	- 5 10 62	55 50 45 30	0,48
6. 0,5% ВВО		0,23	-	24	
7. 2% терфенила +0,02% PPOP		0,03 0,10 0,16 0,25 10	- - - - 86	49 54 50 50 40	0,46
8. 2% терфенила +0,04% ТФП		0,03 0,08 0,12 18	- - - 73	47 47 48 33	0,45
9. 2% терфенила +0,1% Δ N PO		0,10 0,16 0,24	- - 5	55 54 27	
10. 2% терфенила +0,08% ВВО		0,10 0,17 10	- - 83	49 48 34	0,41
11. 2% PVD+0,1% Δ N PO		0,18 0,22 0,36 0,45	- - - 10	55 55 55 55	

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

12. 2% терфенила I 0,1%
 α N PO + 0,1% $B_1(NO_3)_3$ 0,3 - 30

ПРИМЕЧАНИЕ: PPO - 2,5 дифенилоксазол
 α N PO - 2-(I нафтил) 5 - фенилоксазол
 PPOP - 1,4 ди (2,5 фенилоксазолил) бензол
 BBO - 2,5 ди (4 бензиллил) оксазол
 ТФБ - 1,1,4,4 тетрафенил - 1,3 бутадиен
 ТФП - трифенилпиразолин

Из анализа данных таблицы I следует, что амплитуды импульсов от пленочных сцинтилляторов при облучении их α - частицами с энергией ~ 5 Мэв слабо зависят от вида наполнителя. Действительно, сцинтиллирующие пленки, содержащие 2% терфенила, дают импульсы, амплитуда которых равна амплитуде импульсов, полученных от пленок, содержащих 2% терфенила + 0,02% PPOP. Это означает, что для органических пленочных сцинтилляторов, как и для неорганических и органических монокристаллов, пластических и жидких сцинтилляторов, (I-4) характерно насыщение, т.е. при больших потерях энергии световая отдача сцинтиллятора не пропорциональна потерям энергии проходящей частицей.

Амплитуды импульсов от пленочных сцинтилляторов слабо зависят и от толщины пленок. Наибольшие амплитуды импульсов получены от пленок, толщина которых не превышает 0,3 мм. При этой толщине пленок амплитуда импульсов от γ - лучей $RdTh$ составляет не более 10% от амплитуды импульсов от α - частиц. С увеличением толщины сцинтилляторов амплитуда импульсов уменьшается. Так, например, для пластика, содержащего 2% терфенила + 0,02% PPOP в полистироле, толщиной 10 мм, амплитуда импульсов составляет порядка ~ 0,8 от амплитуды импульсов, полученных от пленок, приготовленных из того же материала.

Отношение амплитуд импульсов от пластических сцинтилляторов при облучении их α - частицами Pu^{239} и γ - лучами $RdTh$

составляет примерно 0,45 для исследованных концентраций люминесцирующих веществ и размеров образцов. Отклонение α/β отношения от 0,1 объясняется тем, что толщины были взяты меньше полного пробега комптон-электронов с энергией, равной примерно 2 Мэв.

Эффективность пленочных сцинтилляционных счетчиков

Требования, которым должны удовлетворять пленочные сцинтилляционные счетчики, - это высокое временное разрешение при большой эффективности регистрации.

Длительность световой вспышки от сцинтиллирующих пленок не измерялась. Но можно предположить, что она не больше длительности световой вспышки от пластических сцинтилляторов, так как пленочные сцинтилляторы готовились из того же материала, что и сцинтиллирующие пластмассы. Следовательно, пленочные сцинтилляционные счетчики могут успешно использоваться с быстрыми схемами совпадений.

Эффективность регистрации пленочных сцинтилляционных счетчиков сравнивалась с эффективностью сцинтиллятора $ZnS(Ag)$ по счету α -частиц Pu^{239} .

Сцинтиллирующая пленка, содержащая 2% терфенила + 0,1% $\alpha N PO$ в полистироле, имела толщину 0,06 мм. Диаметр пленки был равен диаметру фотокатода ФЭУ-С; счет проводился при напряжении на ФЭУ 1600^{ольт} в положении дискриминатора 30 вольт.

Результаты измерений даны в таблице II.

Тип сцинтиллятора	Напряжение на ФЭУ (2) Вольта.	Фон (отсчет 6 мин)	Число отчет в мин.
2% терфенила +	1600	8	350
0,1 % $\alpha N PO$	1600	5	380

$ZnS(Ag)$

Из рассмотрения данных таблицы II следует, что эффективность регистрации α - частиц органическими сцинтилирующими пленками не хуже чем γ пленок $Zu 5 (Ag)$.

Но если принять во внимание большое различие во временах высвечивания между органическими ($\tau \sim 10^{-9}$ сек) и неорганическими ($\tau \sim 10^{-6}$ сек) сцинтилирующими пленками, то преимущество остается за органическими сцинтилирующими пленками.

Представляет интерес эффективность регистрации пленочными сцинтилляционными счетчиками γ -лучей. Для выяснения этого вопроса были проведены измерения счета α - частиц при наличии γ - фона, искусственно созданного γ -источником Co^{60} . Интенсивности α -источника 3600 распадов/минуту.

γ - источник имел активность 2,5 мгр. эквивалента и находился на расстоянии 3 см от счетчика. Измерения были сделаны с ФЭУ-С, который работал при напряжении 1600 в.

На рис. I приведены результаты измерений.

Из рассмотрения кривых рис. I следует, что импульсы от счетчика, создаваемые γ -лучами Co^{60} , малы по амплитуде и сравнительно легко отделяются от импульсов, создаваемых α -частицами, установкой порога дискриминатора радиотехнической схемы. Так, например, при установке дискриминатора на 30 вольт счет от γ -лучей Co^{60} составляет 2 отсчета в минуту. Такой счет для α -частиц получается при установке порога дискриминатора на 70 вольт.

Органические пленочные сцинтилляционные счетчики мало чувствительны не только к γ -фону, но и к релятивистским заряженным частицам. Действительно, для пластических сцинтилляторов световой выход в зависимости от потерь энергии проходящей частицей⁶¹ остается линейным до значений, когда

$$\left(\frac{dE}{dx}\right) / \left(\frac{dE}{dx}\right)_{\min} < 3^{(1)}$$

Это означает, что световая отдача пленочных сцинтилляторов толщиной 0,3 мм для релятивистских частиц будет в несколько раз меньше, чем для частиц с большими потерями энергии. Таким образом, пленочные сцинтилляционные счетчики в принципе позволяют выделять из пучка заряженных частиц, частицы с минимальной энергией.

Выводы

1. Органические пленочные сцинтилляторы могут изготавливаться любых размеров при толщине пленок от 0,03 до 0,5 мм.
2. Амплитуды импульсов от пленочных сцинтилляторов составляют порядка 50% от амплитуды импульсов от стильбена и слабо зависят от вида люминесцирующего наполнителя.
3. Органические пленочные сцинтилляторы мало чувствительны к γ -лучам.
4. Эффективность регистрации сильно ионизирующего излучения $\sim 100\%$.

Литература

1. C.N.Chou Phys.Rev. 1952, 87, 903
2. R.H.Lovberg Phys.Rev. 1951, 84, 852
3. J.B.Birks Proc. Phys. Soc. 1950. A63, 1294
4. M. Furst and H.Kallman Phys. Rev. 1952. 85, 816