



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2000-32
ОЭФ

Б.Н. Гуськов¹, В.С. Дацко², Л.Я. Жильцова¹, В.Н. Пелешко²

ПОДАВЛЕНИЕ ЧЕРЕНКОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОЛИСТИРОЛЬНОЙ МАТРИЦЕ

Направлено в *ЖТФ*

¹Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ), г.Дубна
Email: guskov@ihe30.jinr.dubna.su

²Институт физики высоких энергий (ИФВЭ), г.Протвино
Email: datsko@mx.ihep.su; библиотека препринтов: <http://dbserv.ihep.su/~pubs/>

Аннотация

Гуськов Б.Н., Дацко В.С., Жильцова Л.Я., Пелешко В.Н. Подавление черенковского излучения в полистирольной матрице.: Препринт ИФВЭ 2000-32. – Протвино, 2000. – 6 с., 4 рис., библиогр.: 9.

Описывается метод подавления добавками свечения Вавилова-Черенкова в полистирольном световоде-сместителе спектра при облучении его ионизирующими частицами.

Abstract

Gus'kov B.N., Datsko V.S., Zhiltsova L.J., Peleshko V.N. Suppression of Cherenkov Light in Polystyrene Matrix: ИФВЭ Preprint 2000-32. – Protvino, 2000. – p. 6, figs. 4, refs.: 9.

A method to suppress the Vavilov-Cherenkov light with the help of dopants in the polystyrene wavelength-guidelight shifter when irradiated with ionizing particles has been described.

Введение

При разработке и создании счётчиков полного поглощения (калориметров) в последние годы приобрела актуальность проблема повышения радиационной стойкости конструктивных элементов калориметра, к которым в полной мере относятся “активные слои”, в нашем случае пластины сцинтиллятора, и световоды-смесители спектра (ССС). Для калориметра установки ZDC используются сцинтилляционные пластины из полистирола (ПС), полученные методом литья под давлением, разработанным в ИФВЭ [1]. Предполагается, что при дозовых нагрузках $5 \div 10$ Мрад такой сцинтиллятор не меняет своих свойств по крайней мере в течение года. Однако для СССР, которые как правило изготавливаются из пластика на основе полиметилметакрилата (ПММА) [2,3], оценки значительно пессимистичнее. Считается, что радиационная стойкость ПММА в 2–5 раз ниже, чем у полистирола (ПС). Конструктивной особенностью СССР в калориметрах является большее влияние их свойств на параметры калориметра, чем свойств сцинтиллятора. Это связано, в частности, с тем что коэффициент перехвата сцинтилляционного света составляет 1–3%. Т.е. всякое ухудшение свойств световода весьма критично для параметров калориметра. Радиационную стойкость световодов можно сделать по крайней мере того же уровня, что и для сцинтиллятора, если в качестве материала для световодов использовать полистирол. Однако при этом возникает другая нелёгкая проблема. Частицы ливня, регистрируемого в калориметре, пересекая световод, возбуждают в нём черенковский свет, интенсивность которого примерно на два порядка (можно принять $\sim 1\%$ от полезного) ниже, чем у сцинтилляционного светового сигнала, но последний перехватывается световодом с эффективностью тоже примерно 1%, поэтому интенсивность черенковского света становится сравнимой с интенсивностью сцинтилляционного, что приводит к зависимости сигнала калориметра от места прохождения частицы, ухудшая параметры калориметра. Известен метод борьбы с этим эффектом [5], который состоит в том, что в полимерную матрицу добавляют поглотитель ультрафиолета и, поскольку большая часть черенковского света лежит в области коротких длин волн, его влияние значительно ослабляется. Правда, этот метод применялся для световодов из ПММА, который не сцинтиллирует под действием ионизирующих излучений (или считается плохим сцинтиллятором!), в отличие от ПС, у которого матрица сцинтиллирует даже в отсутствие люминесцентных добавок. В литературе описаны методы подавления сцинтилляций [6,7,8], для чего в полимерную матрицу добавляются ацетофенон, бензофенон и некоторые другие соединения, подавляющие сцинтилляции. Поэтому было бы интересно

попробовать изготовить световод как с подавляющими сцинтилляции добавками, так и с добавками, поглощающими черенковский свет, подобрав оптимальную концентрацию добавок так, чтобы, ослабляя сцинтилляции и поглощая черенковский свет, не ухудшить сильно прозрачность световода.

Изготовление образцов и измерения

Для наших целей было выбрано соединение с химической формулой $C_6H_5 - CO - CH = CH - C_6H_5$ (Г-1) как наиболее перспективное среди соединений, подавляющих сцинтилляции в полимерной матрице (ранее один из нас исследовал идентичные соединения: $C_6H_5 - CO - C_6H_5$ и $C_6H_5 - CO - CH_3$ с тем же результатом, что и у предлагаемого), а также несколько красителей в качестве поглотителей ультрафиолета. Их спектры пропускания приведены на рисунках. Образцы для исследований готовились следующим образом: в 30 мл стирола растворялась навеска нужной добавки, затем по известной технологии производства полистирола примерно за недельный цикл изготавливались штабики пластического сцинтиллятора, которые фрезеровались в размер, шлифовались, полировались и в таком виде передавались на измерения.

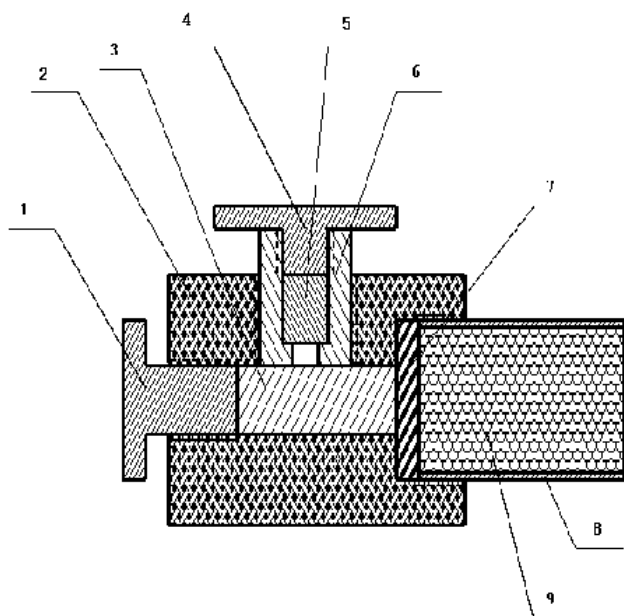


Рис. 1. Схематическое изображение устройства для определения степени подавления света в пластике: 1 — крышка с резьбой, поджимающая образец; 2 — станина в виде металлического кубика; 3 — цилиндрический образец; 4 — крышка с резьбой, поджимающая радиоактивный источник; 5 — радиоактивный источник; 6 — контейнер с крышкой для радиоактивного источника; 7 — светофильтр; 8 — кожух ФЭУ; 9 — ФЭУ.

Некоторые штабики содержали только подавители или поглотители, некоторые — и подавители и поглотители, а некоторые содержали и традиционные для производства полистирольных сцинтилляторов добавки РРО и РОРОР. Мы предполагали, что если нам удастся найти подавитель сцинтилляций, то эффект подавления будет более заметным в сцинтилляторе по сравнению с полимерной матрицей без люминесцирующих добавок. Для каждого образца на спектрофотометре СФ-26 измерялся спектр пропускания, так что с изменением концентрации добавки для каждой из них получался набор кривых пропускания, из которого извлекалась информация о степени поглощения коротковолновой части спектра. Кроме этого, каждый образец облучался с помощью радиоактивных источников Ra^{226} α -частицами и $Sr^{90} e^-$ для определения степени подавления в нём сцинтилляций и черенковского излучения на установке, схема которой приведена на рис. 1.

Как уже отмечалось, концентрация добавок должна была быть оптимальной для того, чтобы, с одной стороны, эффективно подавлять сцинтилляции и поглощать черенковский свет, возникающий в самом световоде, и для этого концентрация должна быть достаточно большой, а, с другой стороны, большая концентрация любых примесей увеличивает оптические потери света при прохождении им световода и поэтому целесообразно количество таких примесей делать минимально возможным. Мы решили ограничиться уровнем сцинтилляций и черенковского света, существующим в световодах на основе ПММА, и одновременно это задаёт уровень прозрачности наших будущих световодов на основе ПС. Для реализации этих целей мы использовали светофильтр, изготовленный по методике [4], который поглощает свет образца, оставляя лишь длинноволновую компоненту в спектральной области, соответствующей спектру испускания световода-смещителя спектра. После окончания работы по выбору добавок мы изготовили протяжённые образцы из ПС (размерами $360 \times 33 \times 4$ мм), одни из которых содержали светофильтрующую добавку, а другие нет, и затем изготовили из них два СВЕтовода-смещителя спектра Поверхностного Типа (свепот) для сравнения их характеристик.

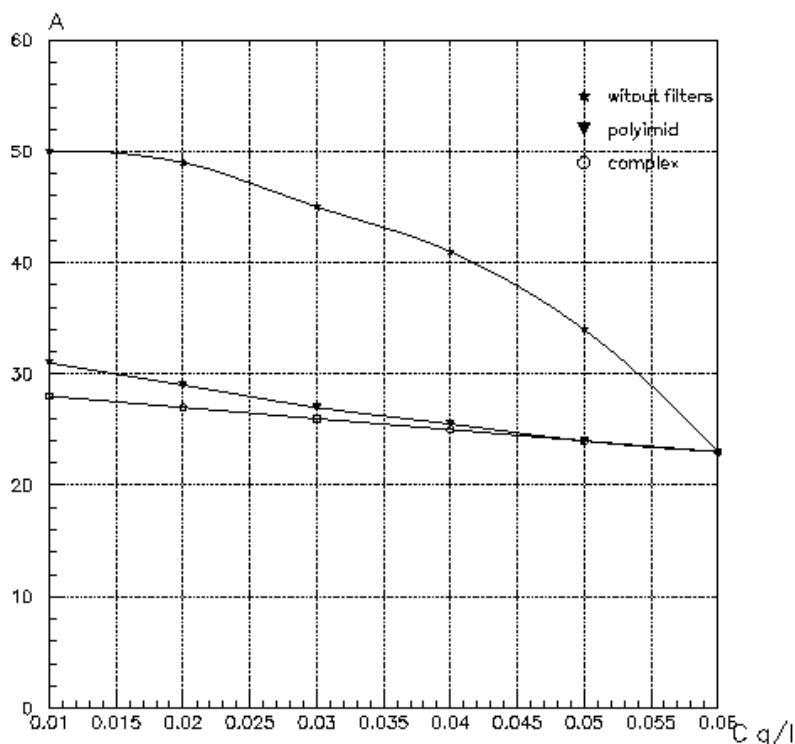


Рис. 2. Зависимость световыхода от концентрации добавки в полистироле. По оси Y отложена амплитуда сигнала А в относительных единицах, регистрируемая с помощью ФЭУ-85 и стрелочного прибора Ф-195. По оси X отложена концентрация Г-1 в образце в г/л.

Обсуждение результатов

На рис. 2 показано поведение образцов из чистого полистирола с добавками Г-1 при облучении их радиоактивным источником Sr^{90} . Этот источник одновременно вы-

зывает сцинтилляции полистирольной матрицы и в то же время e^- достаточно быстры ($E \simeq 2.57$ МэВ), чтобы вызывать черенковское свечение. Кривая, обозначенная звёздочками, представляет амплитуду сигнала в относительных единицах в зависимости от концентрации Г-1 в образце. Кривые, обозначенные треугольниками и кружками, относятся к чистым образцам, без гасителя (без Г-1), но с регистрацией сигнала через светофильтр, в качестве которого использовались либо полиимидная плёнка, либо ПММА, окрашенный бриллиантовой зеленью (“зелёнкой”), вместе с полиимидом. Видно, что увеличение концентрации добавки 1 (см. рис. 2) приводит к уменьшению световыхода образца. На этом же рисунке приведены графики, полученные для этих же образцов в тех же условиях, но со светофильтрами, имеющими характеристики, приведённые на рис. 3.

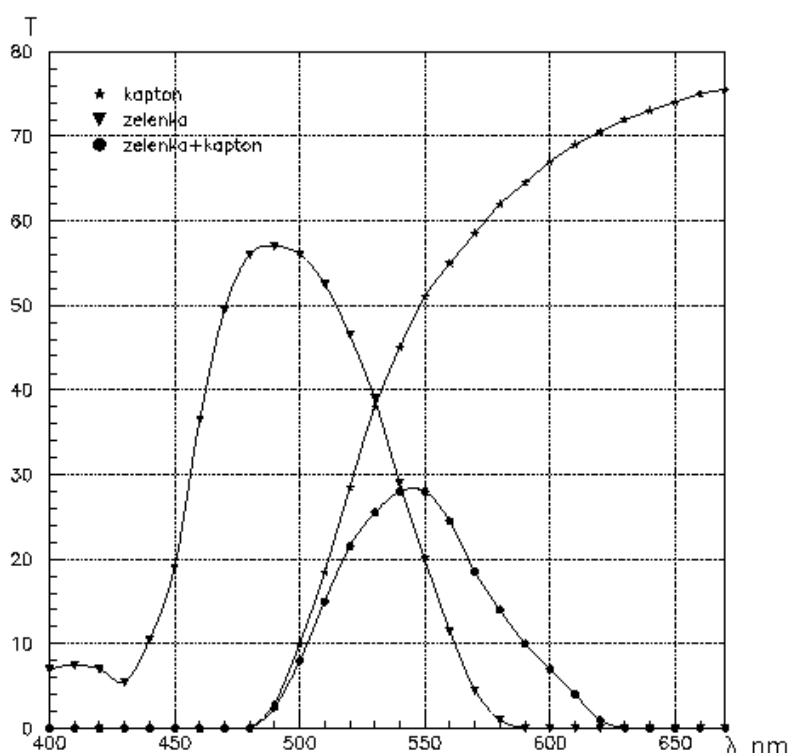


Рис. 3. Спектры светофильтрующих добавок. Звёздочками обозначен спектр пропускания полиимидной плёнки (каптон), треугольники соответствуют оргстеклу толщиной 1 мм, окрашенному по поверхности бриллиантовым зелёным, а кружки представляют светофильтр, составленный из первых двух.

Оптимальная концентрация, следующая из вышеприведённых рассуждений, соответствует точке пересечения кривых на рис. 2. Правда, поскольку нам интересен эффект подавления сцинтилляций в чистом виде, следует повторить такие же измерения, но не для чистой матрицы, а для полистирольного сцинтиллятора и с помощью Ra^{226} . Когда мы проделали эти измерения, то обнаружили, что добавка Г-1 практически не влияет на световыход сцинтиллятора, из чего мы сделали вывод, что она не подавляет сцинтилляции матрицы. Влияние же её на поведение кривых на рис. 2 объясняется её светофильтрующими свойствами, а в таком качестве она представляет значительно

меньший интерес, чем прочие выбранные нами соединения, поскольку её спектр пропускания лежит в существенно более коротковолновой области. Как известно [2], выгодно использовать добавку со спектром поглощения близким к спектру испускания люминофора, использующегося в качестве сместителя спектра в световоде. Известно, что, меняя концентрацию добавки, можно смещать кривую поглощения для некоторых красителей вплоть до 50 нм. Поэтому мы постарались подобрать такую комбинацию красителей и их концентраций, чтобы кривая пропускания максимально близко подходила к коротковолновой границе спектра испускания люминофора и световыход подавлялся в степени близкой к степени подавления в световоде из ПММА, как это уже отмечалось. На рис. 4 приведены графики кривых, которые представили для нас наибольший интерес. Наиболее перспективной нам кажется композиция 15, характеризующаяся меньшими, чем в других случаях, концентрациями при одинаковом уровне подавления черенковского света в образце.

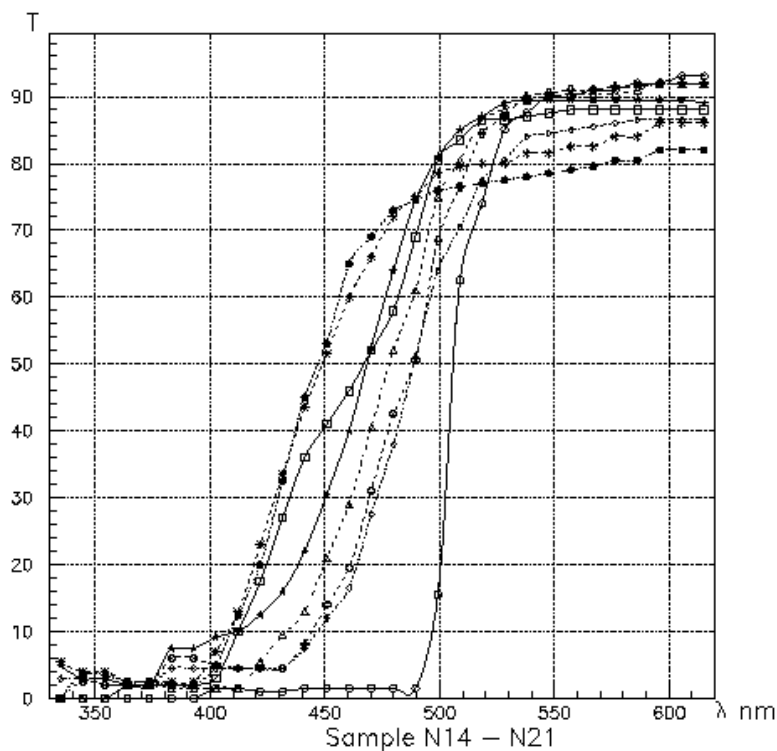


Рис. 4. Спектры светофильтрующих композиций, отобранных для исследования.

На образцах размерами $360 \times 33 \times 4$ мм с помощью возбуждаемого радиоактивным источником Sr^{90} черенковского света измерили амплитуды сигналов, которые отличались примерно в 2 раза. На основе этих образцов были изготовлены светоты, которые после соответствующих измерений имели параметры: $l_0 \simeq 1.5$ м, $\eta \simeq 2.1\%$ — для одного образца; $l_0 \simeq 1.5$ м $\eta \simeq 2.0\%$ — для другого (т.е. практически не отличались).

Выводы

1. Нам не удалось подавить сцинтилляции полимерной матрицы на стадии возникновения сцинтилляционного света.
2. Найдена композиция, поглощающая как сцинтилляционный, так и черенковский свет в интересующем нас спектральном диапазоне.
3. Добавки, использующиеся для подавления, производятся промышленностью и легко доступны.
4. При введении люминофора в поверхность матрицы (технология свепотов) концентрацию светофильтрующего красителя можно увеличивать, поскольку прозрачность и перехват при использованном значении концентрации практически не изменились.

Список литературы

- [1] Кадыков М.Г., Семёнов В.К., Суздаев В.И. Литьевой полистирольный пластический сцинтиллятор адронного калориметра комплекса “меченые нейтрино”. Препринт ОИЯИ, 13-90-16, 1990; // ПТЭ, 1991, № 1, с. 85.
- [2] Дацко В.С. Рыкалин В.И. Способ изготовления световодов-сместителей спектра. А.С. №1547539, 1987; Б.И., № 2, 1991, с. 212.
- [3] Дацко В.С. и др. Способ изготовления поверхностных световодов-сместителей спектра на основе полиметилметакрилата. А.С. №1436665, 1987; Б.И., №10, 1992, с. 239.
- [4] Дацко В.С. и др. Способ изготовления светофильтра. А.С. №1332251, 1985 г.; Б.И., №31, 1987, с. 176.
- [5] Botner O. et al. A Hadron Calorimeter with Wavelength Shifter Read-Out. Geneva, CERN-EP/80-126, 1980.
- [6] Lyons P.B., et al. Ultra Fast Detectors for Laser Fusion Diagnostics. // NIM, 1980, v. 171, № 3, p. 459.
- [7] Caligaris F. et al. On the Timing Characteristics of Low-Yeld Fast Scintillators. // NIM, 1980, v. 171, № 3, p.617.
- [8] Андреещев Е.А. и др. Пластмассовый сцинтиллятор с малой длительностью импульса. // ПТЭ, № 3, 1983, с. 52.
- [9] ГОСТ 17038.0-79 – ГОСТ 17038.7-79. Детекторы ионизирующих излучений сцинтилляционные. Методы измерений сцинтилляционных параметров. — М., ГК СССР по стандартам, 1979.

Рукопись поступила 17 июля 2000 г.

Б.Н. Гуськов, В.С. Дацко, Л.Я. Жильцова, В.Н. Пелешко
Подавление черенковского излучения в полистирольной матрице.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .
Редактор Л.Ф.Васильева. Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 20.07.2000. Формат $60 \times 84/8$. Офсетная печать.
Печ.л. 0,75. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 130. Заказ 155. Индекс 3649.
ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

