

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКАНАЛЬНОГО СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО ДЕТЕКТОРА

*В.А.Аммосов, Е.М.Гущин, С.В.Сомов,
В.А.Рябов, М.К.Тимофеев, Г.И.Типографских*

В настоящее время активно разрабатываются трековые детекторы на базе микроканальных блоков из тонких сцинтиллирующих стеклянных или пластических волокон или капилляров, заполняемых жидким сцинтиллятором (МКСД) [1]. Свет, возникающий в МКСД при прохождении заряженной частицы, транспортируется за счет полного внутреннего отражения к торцевой поверхности блока, где усиливается двух-трехкаскадной сборкой электронно-оптических преобразователей (ЭОП) и регистрируется телевизионной системой или с помощью матрицы ПЭС.

В настоящее время разрабатываются проекты МКСД длиной несколько метров и массой до 10 Т. При этом основные усилия экспериментаторов направлены на исследования новых материалов и технологий для МКСД, поскольку его пространственное разрешение во многом определяется числом квантов n , зарегистрированных на треке частицы, то есть в конечном итоге геометрическими и оптическими характеристиками каналов — калибром, световыходом, соотношением коэффициентов преломления, прозрачностью, качеством поверхности и, наконец, эффективностью светозащиты каналов. В зависимости от этих параметров величина n колеблется от 1 1/мм [2] до 10 1/мм [3].

Характеристики шайб ЭОП и МКП

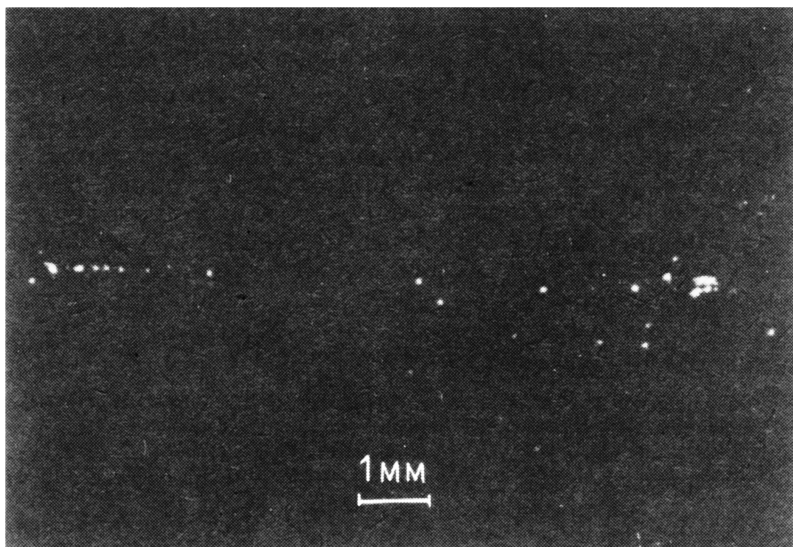
Шайба	Диаметр D , мм	Толщина s , мм	Диаметр канала d_k , мм	Коэффициент за- полнения α	$N = 4\alpha/\pi d$, 1/мм
ЭОП	42	4 (в центре) 16 (на краю)	5	0.52	132
МКП	24	1	40	0.53	17

Примечание. N — линейная плотность каналов, пересекаемых частицей; α — относительная площадь, занятая каналами.

Вместе с тем имеется ряд задач (в частности, исследование образования очарованных частиц в адронных взаимодействиях), где требуется МКСД объемом $\sim 1 \text{ см}^3$. Как показано ниже, для разработки такого детектора можно с успехом использовать уже существующие микроканальные структуры. Мы исследовали МКСД на основе двух таких структур — собственно входной стекловолоконной шайбы ЭОП, и стандартной МКП, залитой жидким сцинтиллятором (1-метилнафталин+5 г/л ВРО+0.1 г/л РОРОР). Характеристики шайбы ЭОП и МКП приведены в таблице; отличительной их чертой является хорошая светоизоляция каналов.

Для усиления света в МКСД использовалась трехкадная сборка из двух ЭОП “Клен” с электростатической фокусировкой и усилением по свету около 30 и ЭОП с МКП с усилением $2 \cdot 10^4$. Предварительные измерения показали, что такая сборка работает в однофотонном режиме. МКСД размещался в пучке пионов с энергией 3 ГэВ; проходящие через МКСД частицы выделялись телескопом из двух сцинтилляционных счетчиков размером $3 \times 6 \times 20$ (по пучку) мм. При этом электростатические ЭОП постоянно включены, а ЭОП с МКП “открываются” по сигналу триггера.

При исследовании шайбы ЭОП выделяемые триггером частицы проходили перпендикулярно волокнам шайбы; при исследовании МКП она устанавливалась на входной шайбе первого ЭОП и вся сборка ориентировалась так, чтобы ось выделяемого пучка проходила под углом $\alpha = 15^\circ$ к плоскости МКП. Для увеличения светосбора внешние поверхности шайбы ЭОП и МКП закрывались алюминированной отражающей пленкой. Регистрируемые треки фотографировались с экрана последнего ЭОП контактным способом.



Трек пиона, прошедшего через МКП с жидким сцинтиллятором и входную шайбу первого ЭОП под углом 15° к плоскости ЭОП. Стрелкой показано направление движения пиона. От точки 1 до точки 2 — трек пиона в МКП, от точки 2 до точки 3 — в шайбе ЭОП.

В обоих случаях мы получили четкие треки пионов с плотностью $n = 1.6 \pm 0.1$ 1/мм для шайбы ЭОП и $n = n' \cos \alpha = 4.8 \pm 0.6$ 1/мм (n' — измеряемая плотность трека в проекции на входную шайбу ЭОП) для МКП с жидким сцинтиллятором (см. рисунок). Вследствие наклона оси пучка относительно плоскости МКП на рисунке хорошо видно изменение в плотности трека, когда частица переходит из МКП в шайбу первого ЭОП. Размер точки на фотографии в значительной степени определяет пространственное разрешение МКСД; в данном случае он составляет 50–80 мкм, что приблизительно соответствует разрешению системы ЭОП + фотопленка (около 20 п.л./мм).

Полученный нами результат достаточно неожидан, поскольку стекло ТБФ-10, из которого изготовлена шайба ЭОП, не является эффективным сцинтиллятором. Если трек частицы формируется черенковским излучением, то для объяснения наблюдаемой плотности трека вероятность захвата излучения волокном шайбы должна быть близка к 1. Однако это маловероятно, учитывая геометрию эксперимента и направленность черенковского света.

Что касается МКП, то наряду с естественной светоизоляцией каналов, она обладает аномально высоким светосбором. Действительно, так как коэффициент преломления

свинцового стекла равен 1.64, а 1-метилнафталина — 1.61, полное внутреннее отражение в канале МКП не реализуется. Тогда эффективность светосбора в канале должна определяться телесным углом $(d_k/s)^2 \sim 10^{-4}$, что для световыхода сцинтиллятора 10 квантов/кэВ дает $n \sim 0.1$ 1/мм, то есть на порядок меньше экспериментальной величины.

Таким образом, механизм образования и транспортировки света в исследованных микроканальных структурах не ясен. Вместе с тем, полученные результаты дают возможность реализовать на их основе эффективный МКСД небольшого размера.

Список литературы

- [1] Proceedings of the Workshop on Application of Scintillating Fibers in Particle Physics. Blossin. 3-5 September. 1990. P. 1-265.
- [2] Konaka A. et al. // Nucl. Instr. and Meth. 1987. V. A256. P. 70-75.
- [3] Denisov A.C. et al. // Nucl. Instr. and Meth. 1991. V. A310. P. 479-484.

Поступило в Редакцию
20 июня 1994 г.
