

05.2; 07; 12

© 1992

$NaBi(WO_4)_2$ – НОВЫЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ
МОНОКРИСТАЛЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
КАЛОРИМЕТРОВ

В.Г. Барышевский, Б.А. Заднепровский,
М.В. Коржик, В.А. Качанов, П.В. Нефедов,
В.А. Нефедов, В.Б. Павленко,
В.Л. Соловьянов, А.А. Федоров, В.Ю. Ходырев

В связи с разработкой и созданием нового поколения ускорителей УНК, *SSC*, *LHC*, одной из актуальных проблем является выбор материалов для детекторов полного поглощения электромагнитных (ЕМ) калориметров. Использование для большинства планируемых экспериментов широко применяемого в настоящее время свинцового стекла в качестве черенковских радиаторов, равно как и тяжелых сцинтилляторов, например, *BGO*, является проблематичным. Существенным недостатком перечисленных материалов является их низкая радиационная стойкость. В работах [1, 2] показано, что радиационная стойкость кристаллов *BGO* может быть увеличена до 10^5 Гр и выше, однако достаточно большое время высвечивания сцинтилляций ($\tau = 300$ нс) существенно ограничивает их применение.

В настоящее время рассматривается ряд оксидных и фторидных кристаллов [3] для применения в качестве сцинтилляторов в будущих ЕМ-калориметрах. Обладая относительно высокой сцинтилляционной эффективностью и временем высвечивания $\tau < 60$ нс, указанные сцинтилляторы, например, $LaF_3:Ce$, BaF_2 , $Gd_2SiO_5:Ce$, $YAlO_3:Ce$ отличаются невысокой плотностью и, как следствие, имеют значение радиационной длины $\chi_0 > 1.4$ см. Поскольку для детекторов полного поглощения ЕМ-калориметров требуются кристаллы длиной l не менее $20\chi_0$ (например, для BaF_2 $l \geq 40$ см, а $Gd_2SiO_5:Ce$ $l \geq 30$ см), то получение подобных образцов требует прежде всего отработки технологии выращивания высококачественных крупногабаритных кристаллов. В настоящее время такая технология находится лишь в стадии становления.

Следует отметить, что в планируемых экспериментах на новых коллайдерах интенсивности потоков регистрируемого излучения будут столь высоки, что радиационная стойкость N указанных кристаллов, не превышающая $5 \cdot 10^4$ Гр, в то время как ее требуемое значение $N \geq 5 \cdot 10^5$ Гр, наряду с малостью времени высвечивания становится одним из основных показателей их применимости в данных проектах. Величина же световых выходов сцинтилляторов не столь существенна в условиях регистрации высокоэнергетичного излучения. Это в значительной мере расширяет круг потенциальных кан-

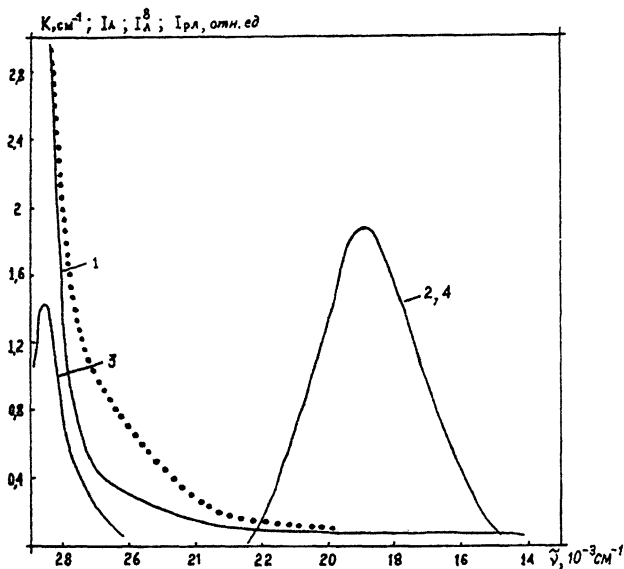


Рис. 1. Спектры поглощения k (1), люминесценции I_A (2), возбуждения люминесценции I_A^B (3) и рентгенолюминесценции $I_{рл}$ (4) монокристаллов $NaBi(WO_4)_2$, выращенных в оптимизированных условиях. Точками приведен типичный спектр поглощения образцов, исследованных авторами [4, 5]. $T=300$ K.

дидатов среди кристаллов для использования в гомогенных калориметрах.

Авторами [4] было показано, что монокристаллы $NaBi(WO_4)_2$, являющиеся представителями широкого класса монокристаллов на основе вольфрама, характеризуются повышенной радиационной стойкостью $H > 5 \cdot 10^5$ Гр и могут использоваться как материал для компактных черенковских радиаторов. При этом по данным [5], монокристаллы $NaBi(WO_4)_2$ обладают незначительным по интенсивности собственным свечением, причем световыход их не превышает 0.02% от $NaI(Tl)$.

Нами установлено, что монокристаллы $NaBi(WO_4)_2$ обладают собственной люминесценцией при возбуждении ионизирующим излучением, причем интенсивность этой люминесценции существенно зависит от условий выращивания монокристаллов и находится в прямой зависимости от особенностей спектра поглощения вблизи полосы фундаментального поглощения. Установлено, что световыход люминесценции при выращивании монокристаллов в оптимальных условиях достигает 1% от световыхода $NaI(Tl)$. Таким образом, впервые показано, что монокристаллы $NaBi(WO_4)_2$ могут использо-

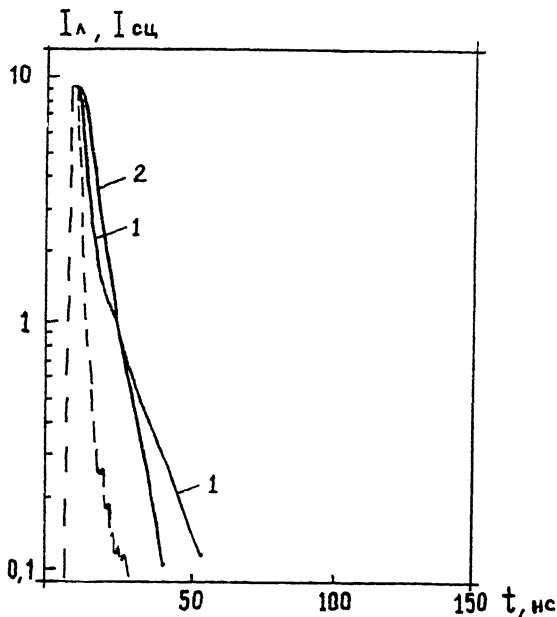


Рис. 2. Кинетика люминесценции (1) I_l при фотовозбуждении $\lambda_B = 296$ нм, $\lambda_p = 530$ нм и кинетика сцинтилляций (2) I_{sc} монокристаллов $\text{NaBi}(\text{WO}_4)_2$. Пунктиром указан импульс фотовозбуждения.

ваться как сцинтилляторы и к настоящему времени их параметры в совокупности являются наиболее близкими к требованиям, выдвигаемым для материалов для ЭМ-калориметров. Значения основных параметров сцинтилляторов $\text{NaBi}(\text{WO}_4)_2$ приведены в таблице в сравнении с аналогичными для BaF_2 . Несомненным достоинством кристаллов $\text{NaBi}(\text{WO}_4)_2$ является простота и технологичность их выращивания из относительно дешевых реактивов. Крупногабаритные кристаллы с размерами $\varnothing 38 \times 200$ мм выращиваются по методу Чохральского из платиновых тиглей на воздухе при температуре менее 1000°C .

На рис. 1 приведены спектры поглощения и люминесценции монокристаллов $\text{NaBi}(\text{WO}_4)_2$, а на рис. 2 кинетика люминесценции и сцинтилляций кристаллов соответственно. Измеренная полоса люминесценции обнаруживается во всех исследованных нами монокристаллах независимо от дополнительного легирования, либо условий

Материал	ρ , г/см ³	χ_0 , см	λ_{max} , нм	τ , нс	η , %*
BaF_2	4.88	2.05	310	620	20
			225	0.8	4
$NaBi(WO_4)_2$	7.57	0.98	530	3	1

* Относительно $NaI(Tl)$.

выращивания. Интенсивность люминесценции при фотовозбуждении увеличивается на 2 порядка при охлаждении образцов до 77 К, при этом максимум полосы свечения, равно как и ее форма не меняются. Это дает основание утверждать, что свечение обусловлено потушенной за счет миграции энергии люминесценцией матрицеобразующих элементов, либо комплексов на их основе. Можно предположить, что люминесценция обусловлена излучательным переходом в анионном комплексе WO_4^{2-} , как и в большинстве вольфрамов, однако этот вопрос требует отдельного рассмотрения. Локализация полосы свечения в зелено-оранжевой области позволяет помимо фотоэлектронных умножителей использовать с разработанными сцинтилляторами в будущем высокочувствительные фотодиоды.

Для определения перспективности использования сцинтилляторов $NaBi(WO_4)_2$ в ЕМ-калориметре в установке „Нептун“ (УНК, Протвино) кристалл $NaBi(WO_4)_2$ высокого оптического качества с размерами 20х20х110 (11X₀) мм³ был испытан при регистрации электронов с энергией 26 ГэВ на Серпуховском ускорителе. Все поверхности кристалла полировались, для увеличения светосбора использовался отражатель из металлизированного майлара. Для регистрации сцинтилляций применялся фотоумножитель ХР2020. Установлено, что по крайней мере в диапазоне изменения амплитуд сцинтилляций $I = (1-0.01) \cdot I_{max}$ кинетика сцинтилляций является близкой к одноэкспоненциальной с $\tau = 3$ нс, а энергетическое разрешение составило $\delta E/E = 1.4\%$.

Таким образом, установлено, что кристаллы $NaBi(WO_4)_2$ являются перспективными для использования в ЕМ-калориметрах и могут с успехом заменить применяемое в настоящее время свинцовое стекло.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Yanovsky V.V., Chizhov V.A., Skorikov V.M., Preprint LNP. 1991. N. 1678. P. 1-10.

- [2] B a r i s h e v s k i V.G., K o n d r a t i -
e v D.M., K o r z h i k M.V. Proc. Int. Sump.
Lumdetr'91. 12-14 Oct. 1991. Riga. B. 10.
- [3] L e c o g P., S c h u s s l e r M., S c h n e -
e g a n s M. CERN-PRE/91-124. Aug. 1991.
P. 1-16.
- [4] N e p h e d o v V.A., Z a d n e p r o v -
s k y B.I., N e p h e d o v P.V., S u v o -
r o v V.M. Proc. Int. Sump. Lumdetr' 91. 12-14
Oct. 1991. Riga. B. 19.
- [5] B r i t v i c h G.I., B u c h i n s k a j a I.I.,
K o b a j a s h i M. et.al. / IHEP-PRE/91-134.
1991. P. 1-11.

Поступило в Редакцию
20 мая 1992 г.