

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



21/11-77
P1 - 10910

Д-699

4544/2-77

Д.Дорчоман, М.Константин, Д.Лазарович,
И.Мунтяну, К.О.Оганесян, С.Ю.Пороховой

СВЕТОВОХОД КРИСТАЛЛОВ CsI (Tl) и CsI (Na)
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЗАРЯЖЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ

1977

P1 - 10910

Д.Дорчоман,* М.Константин,* Д.Лазарович,*
И.Мунтяну,* К.О.Оганесян, С.Ю.Пороховой

СВЕТОВОХОД КРИСТАЛЛОВ CsI (Tl) и CsI (Na)
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЗАРЯЖЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ

Направлено в ПТЭ

*ИАФ, Бухарест.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Дорчоман Д. и др.

PI - 10910

Световыход кристаллов CsI(Tl) и CsI(Na) при облучении заряженными частицами

Получены данные о зависимости световыхода кристаллов CsI(Tl) и CsI(Na) от энергии при облучении их протонами, дейтронами и альфа-частицами в диапазоне 3-15 МэВ. Для протонов и дейтронов наблюдалась линейная зависимость, для альфа-частиц - отклонение от линейности при энергиях, меньших 10 МэВ. Световыход кристалла CsI(Na) более чем в 2 раза превышает световыход кристалла CsI(Tl).

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Dorchoman D. et al.

PI - 10910

Light Output of CsI(Tl) and CsI(Na)
Crystals at Bombardment by Charged Particles

The data on scintillation response-energy dependence of CsI(Tl) and CsI(Na) crystals for protons, deuterons and alpha-particles of 3-15 MeV are presented. The linear dependence has been observed for protons and deuterons.

The deviation from linearity has been observed for the energy of alpha-particles less than 10 MeV.

The light output of a CsI(Na) crystal exceeds more than twice that of a CsI(Tl) crystal.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1977

1. Введение

Линейная зависимость световыхода от энергии частиц вместе с высоким абсолютным его значением позволяют эффективно использовать неорганические кристаллические сцинтилляторы CsI(Tl) и CsI(Na) для спектрометрии и идентификации заряженных частиц с энергиями до нескольких десятков МэВ. Особенно перспективным для этих целей сцинтиллятором является относительно недавно получивший распространение иодистый цезий, активированный натрием. Исследованию характеристик CsI(Tl) посвящен ряд работ. Значительно меньше данных имеется по световыходу кристаллов CsI(Na) ^{1-3/}, в особенности при их облучении тяжелыми заряженными частицами. Важным для практических применений при идентификации частиц является исследование отношений световыходов для разного сорта частиц.

В работе ^{4/} нами был измерен световой выход в кристаллах CsI(Tl) для протонов с энергиями от 3 до 15 МэВ. В настоящей работе излагаются результаты измерений световыходов кристаллов CsI(Tl) и CsI(Na) для протонов, дейтронов и альфа-частиц в этом же интервале энергий.

2. Эксперимент

Измерения проводились аналогично ^{4/} на пучках тандем-генератора Института атомной физики в Бухаресте. Для измерений использовались упруго рассеянные под углом 90° на мишени из золотой фольги протоны, дейт-

роны и альфа-частицы. Образцами сцинтилляторов служили пластины кристаллов CsI(Tl) размерами $100 \times 100 \times 2 \text{ мм}^3$ и пластины кристаллов CsI(Na) размерами $50 \times 50 \times 2 \text{ мм}^3$, просматриваемые с помощью световодов фотоумножителем ФЭУ-49Б. Обе пластины располагались вместе на световоде фотоумножителя и поочередно вводились в пучок частиц.

Для устранения основного источника возможных систематических ошибок, связанного с нестабильностью спектрометрического тракта, одновременно с исследуемыми частицами от ускорителя регистрировались в качестве реперного источника сигналов альфа-частицы от источника ^{241}Am , постоянно закрепленного вне пучка на исследуемом образце CsI(Tl). Время интегрирования электрического сигнала от светового импульса составляло 1,5 мкс.

Особое внимание было уделено оценке величины поверхностного нечувствительного слоя образцов исследуемых сцинтилляторов, приводящего к уменьшению номинального значения энергии частиц. Специальной шлифовки и полировки поверхностей полученных нами образцов сцинтилляторов мы не производили. Толщина нечувствительного слоя определялась с помощью альфа-частиц от радиоактивных источников и от тандем-генератора, а также путем анализа зависимостей световыходов от протонов и дейтронов. Величина мертвого слоя использованных образцов оказалась для кристаллов CsI(Na) равной $24 \pm 3 \text{ мг/см}^2$, для кристаллов CsI(Tl) - $5 \pm 1 \text{ мг/см}^2$.

3. Результаты

Измерения для разного сорта частиц были проведены в отдельных сеансах облучения, различавшихся по уровню интенсивности частиц пучка и коэффициенту усиления спектрометрического тракта. Статистическая точность в определении средних значений распределений световыходов во всех измерениях была лучше 1%.

Результаты измерений для обоих сцинтилляторов в относительных единицах приведены на рис. 1-3. Обработка данных проводилась аналогично ^{4/}. В значения энергии внесены поправки на потери в нечувствительном слое.

Для протонов /рис. 1/ и дейтронов /рис. 2/ в диапазоне измеренных энергий в пределах экспериментальных ошибок наблюдается линейная зависимость от энергии. Для альфа-частиц /рис. 3/ наблюдается отклонение от линейности при энергиях, меньших 10 МэВ.

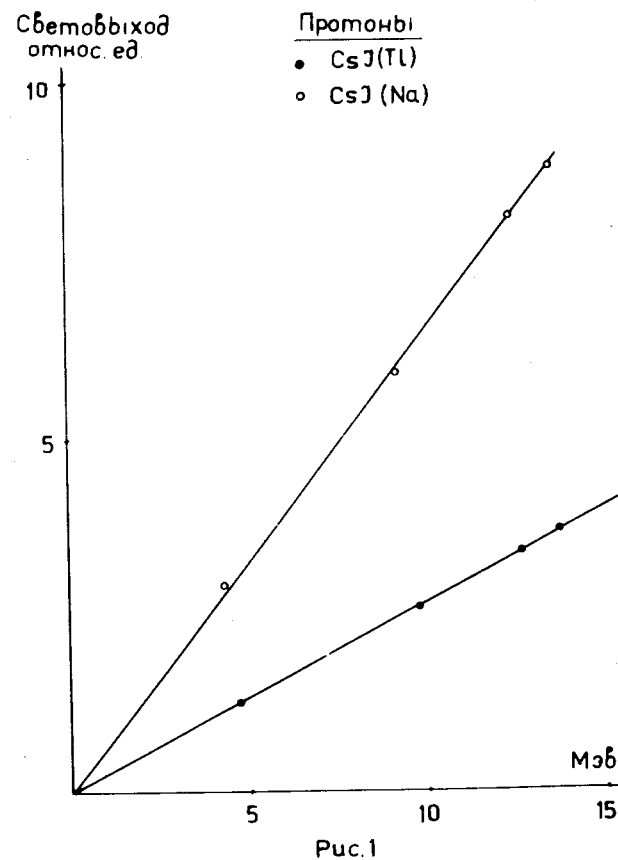


Рис. 1

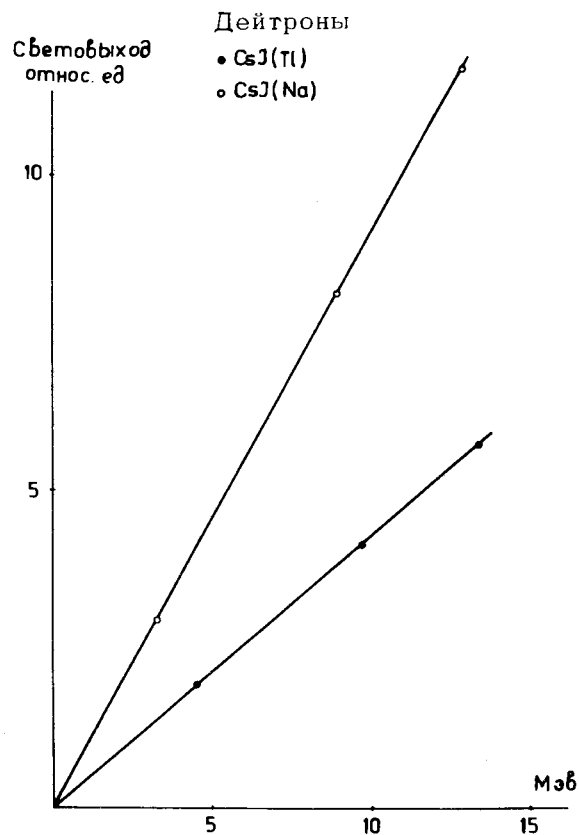


Рис. 2

Соотношение световыходов сцинтилляторов CsI(Na) и CsI(Tl) для протонов и дейтронов постоянно в интервале энергий от 4 до 14 МэВ и равно для протонов:

$$\frac{W_p^{(Na)}}{W_p^{(Tl)}} = 2,45 \pm 0,05, \quad /1/$$

для дейтронов

$$\frac{W_d^{(Na)}}{W_d^{(Tl)}} = 2,12 \pm 0,04. \quad /2/$$

Для альфа-частиц в этом же энергетическом интервале отношение световыходов также практически не изменяется:

$$\frac{W_a^{(Na)}}{W_a^{(Tl)}} = 2,21 \pm 0,04 \text{ при } 5 \text{ МэВ,}$$

$$\frac{W_a^{(Na)}}{W_a^{(Tl)}} = 2,13 \pm 0,04 \text{ при } 13 \text{ МэВ.}$$

Следует отметить, что при сопоставлении световыходов необходимо учитывать, что спектр люминесценции кристаллов CsI(Na) сдвинут в сторону меньших длин волн по сравнению со спектром от кристаллов CsI(Tl).

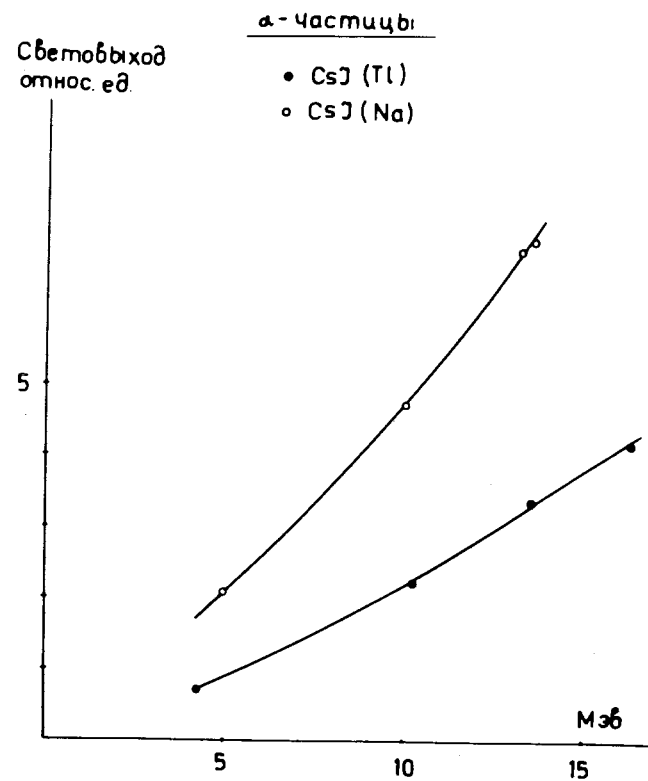
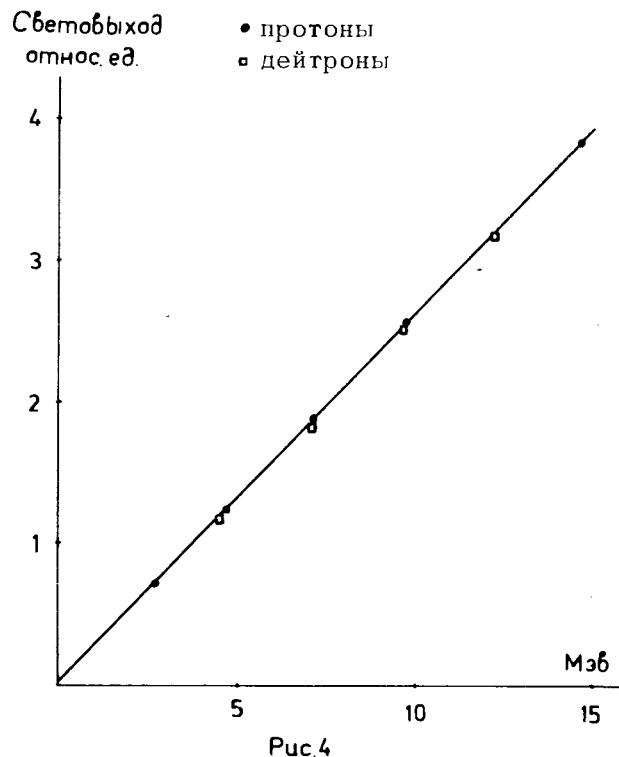


Рис. 3

Используемые нами фотоумножители ФЭУ-49Б с сурьмяно-калиево-цезиевым фотокатодом обладают широкой областью спектральной чувствительности от 3000 до 8500 А, эффективно перекрывающей спектры люминесценции обоих сцинтилляторов.

Для сравнения световых выходов от протонов и дейтронов были проведены отдельные измерения для кристаллов CsI(Tl) в одном сеансе в одинаковых условиях. Результаты этих измерений представлены на рис. 4. Отношение световых выходов протонов и дейтронов по этим измерениям составляет:

$$\frac{W_p^{(Tl)}}{W_d^{(Tl)}} = 1,01 \pm 0,02. \quad /3/$$



Сравнивая это отношение с /1/ и /2/, получим отношение световых выходов протонов и дейтронов для CsI(Na):

$$\frac{W_p^{(Na)}}{W_d^{(Na)}} = 1,16 \pm 0,04. \quad /4/$$

Сопоставление с измерениями световых выходов для альфа-частиц на обоих кристаллах позволяет получать отношение световых выходов протонов, дейтронов и альфа-частиц. Для кристаллов CsI(Tl) при энергии 10 МэВ

$$W_p^{(Tl)} : W_d^{(Tl)} : W_\alpha^{(Tl)} = 1 : (0,99 \pm 0,02) : (0,61 \pm 0,03).$$

Аналогичные относительные световые выходы для CsI(Na) при 10 МэВ равны:

$$W_p^{(Na)} : W_d^{(Na)} : W_\alpha^{(Na)} = 1 : (0,86 \pm 0,03) : (0,53 \pm 0,03).$$

Результаты измерений свидетельствуют о больших возможностях использования кристаллов иодистого цезия для идентификации и спектрометрирования заряженных частиц с энергиями до нескольких десятков МэВ. Особенно эффективным сцинтиллятором является CsI(Na). Световой выход его превышает более чем в 2 раза световой выход кристаллов CsI(Tl). Временная его характеристика также лучше, чем у CsI(Tl).^{1,2/}

При практическом использовании кристаллов иодистого цезия вместе с тем нужно учитывать ряд факторов, существенным образом влияющих на интенсивность и форму световых вспышек. К ним относятся зависимость от плотности ионизации /сорта частиц/, наличие медленных компонент в свечении и послесвечении, температура, концентрация активатора, квантовая характеристика фотокатодов используемых фотоумножителей, условия светосбора, обработка поверхности кристаллов.

Авторы выражают благодарность дирекции ИАФ в Бухаресте за предоставленную возможность проведения измерений, научно-производственному объединению "Монокристаллреактив" за изготовление кристаллов, а также В.Г.Зинову и А.Д.Конину за обсуждения.

Литература

1. *Brinckman P. Phys. Lett., 1965, 15, p.305.*
2. *Menefee J. e.a. IEEE Trans. Nucl. Sci., 1967, p.464.*
3. *Keszthelyi-Londori S., Hrehuss G. Nucl. Instr. Meth., 1969, 68, p.9.*
4. *Дорчоман Д. и др. ОИЯИ, 1-9933, Дубна, 1976.*

*Рукопись поступила в издательский отдел
5 августа 1977 года.*