

Кидибаев М.М., Шаршеев К., Денисов Г.С., Мамытбеков У.К., Тологонов Д.Б.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВОЙНЫХ СУЛЬФАТОВ С ПРИМЕСЬЮ ДВУХВАЛЕНТНОЙ МЕДИ

ММ. Kidibaev, K. Sharsheev, G.S. Denisov, U.K. Mamytbekov, D.B. Tologonov

SYNTHESIS AND STUDY OF COMPLEX SULFATES MIXED WITH CUPRIC

УДК:553.635; 539.219.1 (04)

Создан неорганический сцинтиллятор на основе кристаллов сложного сульфата калия и натрия, активированного ионами меди (KNaSO₄Cu). Этот кристалл имеет повышенный световой выход сцинтилляции при регистрации бета-излучения и электронных пучков.

Is created inorganic scintillation as crystals complex of potassium and sodium sulfate-doped copper (KNaSO₄Cu). This crystal has light yield at registration of beta radiation and electron beams.

Задача определения дозы радиационного поглощения решается довольно давно. Несмотря на определенные успехи, в дозиметрической технике существует ряд нерешенных проблем, связанных с регистрацией бета-излучения и электронных пучков. Для их обнаружения используют термомлюминесцентные дозиметры-сцинтилляторы.

Сцинтилляционные материалы с большим неэффективны для регистрации бета-излучения и электронных пучков. Так в работе [1] предложено использовать сцинтилляторы на основе кристаллов LiI:Eu, CsI:Tl. Первый имеет максимумом свечения при 480нм, а второй при 565 нм и пригодны для обнаружения электронных пучков и бета излучения. Однако, они имеют большой эффективный атомный номер $Z_{эфф}=52$, что приводит к снижению эффективности регистрации этих видов излучения.

В работе [2] рассматривается неорганический сцинтиллятор LiKS₀₄:Cu. Эти кристаллы выращивают при температуре 40°C из водного раствора Li₂S₀₄ и K₂S₀₄ в соотношении 1:1 при добавлении в исходный раствор сульфата меди CuS₀₄-5H₂0 в количестве 8-10 г/л. Для стимулирования роста кристаллов в раствор добавляли несколько капель серной кислоты. Кристаллы имели слабую бледно-голубую окраску. Получаемые по такому способу кристаллы неорганического сцинтиллятора LiKS₀₄:Cu обладают синим свечением. Максимум спектра сцинтилляционной вспышки расположен при 435-445нм, полуширина полосы люминесценции 75нм. Длительность сцинтилляционной вспышки при α - возбуждении ~ 90нс. Сцинтиллятор LiKS₀₄:Cu предназначен в основном для регистрации нейтронов и α -частиц. Поскольку этот сцинтиллятор имеет малый эффективный атомный номер $Z_{эфф} = 14,5$, он оказывается пригодным для регистрации Р-излучения и электронных пучков. Однако кристаллы LiKS₀₄:Cu обладают низким световым выходом сцинтилляции при регистрации бета-излучения и электронных пучков.

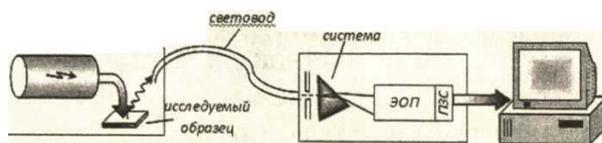
Для увеличения световыхода сцинтилляций, нами были выращены монокристаллы KNaSO₄ были выращены из насыщенного водного раствора путем медленного испарения при постоянной температуре 38 С. Соотношение количества солей в 100 г растворителя, согласно рекомендациям Хильма [3], составляло 66,7 г Na₂S₀₄ и 33,3г K₂S₀₄. Для стимулирования роста кристаллов в раствор добавлялась серная кислота (до получения рН = 2-3).

Беспримесные кристаллы KNaSO₄, были бесцветны и имели дипирамидальную форму.

Кристаллы KNaSO₄ с примесью двухвалентной меди выращивались при температуре 38°C. Примесь вводилась в виде CuS₀₄ 5H₂0 (15 г/л). Примесные кристаллы имели бледно-голубую окраску.

При большей, чем 15 г/л концентрации ионов меди, они не могут равномерно распределяться по узлам кристаллической решетки, и вместо растворов замещения, образуют различные агрегатные скопления примеси в местах внедрения, что снижает световой выход сцинтилляций. Увеличение температуры синтеза, например до 42°C, хотя и ускоряет процесс роста сцинтилляционных кристаллов, однако, приводит к существенному уменьшению световыхода сцинтилляций. Вероятно, при этой температуре меняется структура кристалла.

Световой выход сцинтилляций для полученных кристаллов измеряли с использованием импульсных электронных пучков (длительность 2нс, ток 1000А, установка КЛАВИ-Р, разработка Института электрофизики УрО РАН) (рис.2). Одновременно для сравнения проводили аналогичные измерения для кристаллов LiKS₀₄: Си. Эти кристаллы были выращены ранее [4].



Блок возбуждения
Многоканальный Персональный

Рис. 2. Схема экспериментальной установки «КЛАВИ-Р». ЭОП - электронно-оптический преобразователь; ПЗС - прибор с зарядовой связью.

Результаты измерения приведены на рис. 3. Видно, что сцинтиллятор $K_2SO_4:Cu$ обладает повышенным световыходом сцинтилляций при регистрации бета-излучения и электронных пучков. Максимум кривой катодолуминесценции кристалла $KNaSO_4:Cu$ (1), в 3-4 раза выше, чем таковой для состава $LiKSO_4:Cu$ (кривая

2) Примерно такое же соотношение получается для площадей, ограниченных этими кривыми.

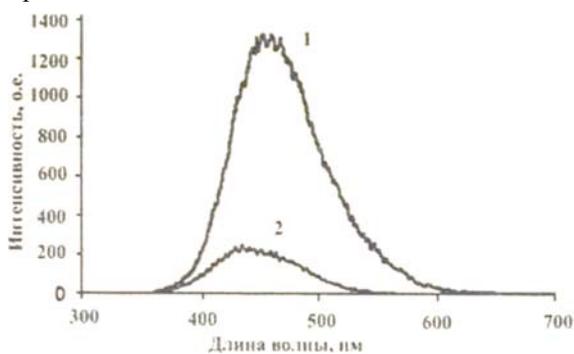


Рис. 3. Световыход сцинтилляций кристаллов 1- $KNaSO_4:Cu$, 2 - $LiKSO_4:Cu$.

Имея невысокий атомный номер ($Z_{эфф} < 15$), получаемые по предлагаемому способу кристаллы К-

Na- сульфата, активированные ионами меди, изготовленные в виде тонких пластин, обеспечивают избирательность регистрации бета-излучения, альфа-излучения и тепловых нейтронов на фоне гамма-излучения.

В итоге получают неорганический сцинтиллятор в виде кристаллов сложного К-Na - сульфата, активированного ионами меди с повышенным световыходом сцинтилляций при регистрации бета-излучения и электронных пучков.

Список литературы:

1. Акимов Ю.К. Сцинтилляционные методы регистрации частиц больших энергий. Ю.К.Акимов. М.:МГУ, 1963.151с.
2. Шаршеев К., Ордобаева Ч.Т. Проблемы спектроскопии и спектрометрии. Межвуз. сб. научных трудов. Екатеринбург. УГТУ-УПИ. 1999. Вып.1.с.59-62;
3. Hilmy M.E. Structural crystallographic relation between Sodium Sulphate and some other syntetic sulphate minerals. //The American Mineralogist. 1953.V.38, №1. P. 118-135.
4. Шульгин Б.В., Райков Д.В., Кидибаев М.М., Шаршеев К., Сатыбалдиева М.К. Неорганический сцинтиллятор. Патент РФ №2148837, МПК G01T 1/20, 1/202, 3/06. Заявлено 19.04.1999; опубликовано 10.05.2000. Бюл.№13.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Макаров В.П.