

05.2; 12

© 1990

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ ДЛЯ ДЕТЕКТОРОВ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В.Г. Барышевский, А.Г. Давыдченко,
М.В. Коржик, М.Г. Лившиц,
А.С. Лобко, В.И. Мороз,
С.А. Смирнова, А.А. Федоров

Одним из существенных недостатков, ограничивающих применение эффективных неорганических сцинтилляторов в ядерно-физических измерениях является их относительно большое время высвечивания ($\sim 10^{-6}$ с). В настоящее время сформировался ряд направлений поиска эффективных быстродействующих сцинтилляционных материалов, одно из которых ориентировано на кристаллы сложных окислов редкоземельных элементов, активированных ионами церия [1]. К настоящему времени разработаны и нашли широкое применение кристаллы $Gd_2SiO_5:Ce^{3+}$ [2], однако указанные кристаллы, помимо неудовлетворительных механических характеристик [3], обладают высокой удельной стоимостью, равно как и другие кристаллы на основе гадолиния, выращенные методом Чохральского из иридиевых тиглей.

В качестве альтернативного варианта на роль эффективных быстродействующих сцинтилляторов могут рассматриваться кристаллы иттрий-алюминиевого перовскита, активированные церием ($YAlO_3:Ce^{3+}$, ИАП:Ce), однако до сих пор не были получены характеристики этих кристаллов, позволяющие начать их широкое внедрение в аппаратуру для регистрации ядерных излучений.

Нами была оптимизирована технология выращивания кристаллов ИАП:Ce из молибденовых контейнеров методом горизонтальной направленной кристаллизации. Получены кристаллы высокого оптического качества с габаритными размерами до 100 x 100 x 20 мм. На рис. 1 приведены оптические спектры кристаллов $YAlO_3:Ce^{3+}$ с содержанием активатора 0,3 вес. % (CeO_2). В спектре поглощения наблюдаются две структурированные полосы с $\lambda = 290$ и $\lambda = 235$ нм, перекрывающиеся с длинноволновым краем полосы фундаментального поглощения и связанные с $f-d$ переходами ионов Ce^{3+} . Возбуждение в указанные полосы приводит к появлению люминесценции с $\lambda = 347$ нм ($\Delta\lambda_{1/2} = 50$ нм), распадающейся по одноэкспоненциальному закону с $\tau = 17.2 \pm 0.2$ нс. Указанная полоса высвечивания достаточно хорошо согласуется со спектральной чувствительностью широко используемых для сцинтилляционных спектрометров ФЭУ, а поглощение в ее максимуме не превышает 0.07 см^{-1} .

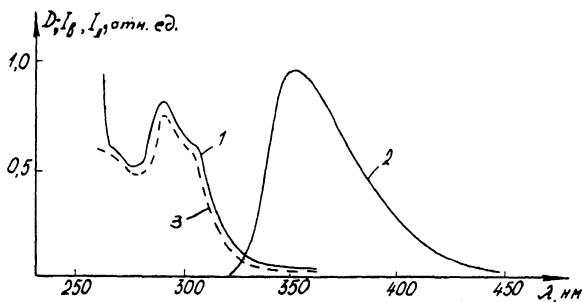


Рис. 1. Спектры поглощения (1), люминесценции (2), $\lambda_{\delta} = 290$ нм и возбуждения люминесценции (3), $\lambda_{\rho} = 360$ нм монокристаллов ИАП: Се, $T = 300$ К.

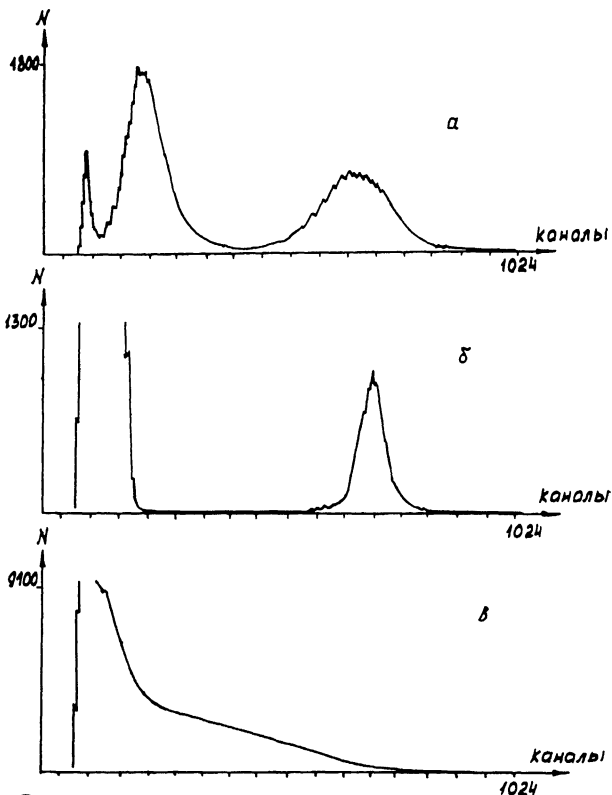


Рис. 2. Спектры источников ядерных излучений, измеренные с помощью сцинтиллятора ИАП: Се. а - источник α -излучения ^{238}Pu ($E_{\alpha 1} = 26.3$ кэВ, $E_{\alpha 2} = 59.5$ кэВ); б - источник α -излучения ^{238}Pu ($E = 5499$ кэВ); в - источник β -излучения ^{90}Sr - ^{90}Y ($E_{\beta 1} = 0.54$ МэВ, $E_{\beta 2} = 2.25$ МэВ).

Материал	Плотность, г/см ³	λ из- лучения, нм	Эффект. атомный номер, $Z_{эф}$	Постоян- ная вы- свечива- ния при γ -возбуж- дении, нс	Сцинтилля- ционная эффектив- ность, %
<i>NaI(Tl)</i>	3,67	410	50	230	100
<i>BGO</i>	7,13	480	74	300	12
<i>Gd₂SiO₅:Ce</i>	6,77	437	59	60	20
<i>YAlO₃:Ce</i>	5,5	347	36	30	35

В таблице приведены характеристики сцинтилляторов *YAlO₃:Ce* в сравнении с известными сцинтилляционными материалами. Обладая относительно небольшим значением $Z_{эф}$, сцинтилляторы на основе ИАП: *Ce* вместе с тем характеризуются высоким световым ходом и минимальным временем высвечивания. Кристаллы обладают высокими показателями физико-механических характеристик [4], негигроскопичны, радиационно стойки.

Возможность применения сцинтилляционных кристаллов ИАП: *Ce* для спектроскопии α , β , γ -излучения иллюстрируется на рис. 2, где приведены спектры источников различных видов ядерных излучений. При этом разрешение по γ -линии источника ²⁴¹Am с энергией $E = 59,5$ кэВ составляет 21%. С коллимированным источником α -излучателя ²³⁸Pu получено разрешение 5%, что позволяет прогнозировать возможность применения сцинтилляторов ИАП: *Ce* для спектроскопии α -излучения, а также в качестве световых реперов для стабилизации параметров многодетекторных систем [5].

Таким образом, разработаны эффективные сцинтилляционные кристаллы, которые могут найти широкое применение в областях, где существуют высокие плотности потоков излучения (рентгеновская и ускорительная техника), где требуется сочетание высоких спектрометрических и временных свойств, высокая экспрессность измерений (рентгеновская плотно- и топшинометрия, мессбауэровская спектроскопия и т.д.).

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Tagaki K., Fukazawa T. // Appl. Phys. Lett. 1983. V. 42. N 1. P. 43-45.
- [2] Ishibashi H., Shimizu K., Suga K., Kubota S. // IEEE Trans. Nucl. Sci. 1989. V. 36. N 1. P. 170-173.

- [3] А н а н ь е в а Г.В., К о р о в к и н А.М., М е р к у л ь е в а Т.И. и др. // Изв. АН СССР. Сер. неорг. матер. 1981. Т. 17. № 6. С. 1037-1042.
- [4] К а м и н с к и й А.А. // Лазерные кристаллы. М.: Наука, 1975. С. 256.
- [5] С о б о р н о в О.П., Л е б е д е в И.А., Щ е г л о в О.П. // Приборы и техника эксперимента. 1988. № 3. С. 62-64.

Поступило в Редакцию
13 сентября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 22

26 ноября 1990 г.

09

© 1990

ГЕНЕРАЦИЯ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ В ТРИОДЕ С ВИРТУАЛЬНЫМ КАТОДОМ КОАКСИАЛЬНОГО ТИПА

А.Г. Ж е р л и ц ы н

Релятивистский СВЧ генератор (триод с виртуальным катодом) представляет интерес прежде всего с точки зрения его малых весо-габаритных характеристик, простоты конструкции, отсутствия внешнего фокусирующего магнитного поля. Дальнейшего уменьшения габаритов генератора можно добиться, если триод выполнить в коаксиальном исполнении [1]. В этом случае анод, изготовленный в виде цилиндра, прозрачного для электронов, располагается в цилиндрическом катоде. В такой геометрии виртуальный катод формируется внутри цилиндра-анода.

В данной работе приводятся первые результаты исследований по генерации СВЧ колебаний в триоде с виртуальным катодом в коаксиальном исполнении.

Схема генератора представлена на рис. 1. К катоду прикладывается импульс напряжения амплитудой, равной $U = 600$ кВ, длительностью $\tau_k = 80$ нс. В работе использовался многоострый катод диаметром $d_k = 16$ и длиной 15 см. Анод выполнялся из стальной сетки с геометрической прозрачностью $T = 0.7$, диаметр анода $d_a = 11.2$ см, его длина равнялась 25 см. Анод крепился к волноводу диаметром $d_s = 11.2$ и длиной 20 см. Поскольку в основном СВЧ излучение происходит из области виртуального катода [2], то в эксперименте излучение выводилось в свободное пространство только из волновода с помощью конусной цилиндрической антенны. В данной геометрии триода ток в катод-анодном промежутке был равен 62 кА.