

05;07;10

СПЕКТРЫ И КИНЕТИКА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ И $\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ СИНХРОТРОННЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

© В.А.Пустоваров, Б.В.Шульгин, Э.И.Зинин,
В.В.Волков, Ю.Ф.Каргин

Для кристаллов галлата и алюмината висмута при температурах 80–300 К впервые исследованы спектры и кинетические характеристики люминесценции при возбуждении импульсами синхротронного излучения. Получены кинетические параметры для всех полос спектра. Доминирующая полоса 650 нм в $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ при 300 К имеет в кинетике затухания две компоненты: 28 нс (70%) и 630 нс (30%). Рост интенсивности возбуждения приводит к ускорению кинетики затухания, короткая компонента 4.5 нс становится доминирующей (90%).

Кристаллы галлата и алюмината висмута обладают фотолюминесценцией и импульсной катодолюминесценцией в области 480–759 нм [1–4]. При фотовозбуждении наблюдаются доминирующие полосы 500, 570 нм и менее интенсивные в красной области спектра 600 и 655 нм. При возбуждении электронным пучком в спектре люминесценции (СЛ) $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ доминирующей становится полоса 655 нм с выраженной колебательной структурой [4]. Однако данные о кинетических параметрах люминесценции для этих соединений пока отсутствуют.

В настоящей работе впервые приводятся результаты исследования спектров и кинетики люминесценции $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ и $\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$ при импульсном возбуждении синхротронным излучением (СИ). Кроме того, изучено влияние интенсивности возбуждения СИ на спектрально-кинетические параметры люминесценции.

Образцы были выращены в Институте общей неорганической химии методом Чохральского по методике, описанной в [4]. Параметры орторомбической решетки исследуемых кристаллов: $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ — $a = 7.84 \text{ \AA}$, $b = 8.32 \text{ \AA}$, $c = 6.12 \text{ \AA}$; $\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$ — $a = 7.74 \text{ \AA}$, $b = 8.14 \text{ \AA}$, $c = 5.96 \text{ \AA}$. Расчетная плотность равна 7.01 и 5.93 г/см³, измеренная 7.20 и 6.04 г/см³ соответственно. Исследовались те же образцы, что и в работах [3–5]. Они представляли собой полированные прозрачные пластинки размерами 10 × 10 × 4 мм³ с незначительными визуальными включениями.

Для возбуждения люминесценции использовалось СИ накопителя ВЭПП-3 Института ядерной физики СО РАН. Длительность импульсов $\sigma = 430$ пс, частота следования

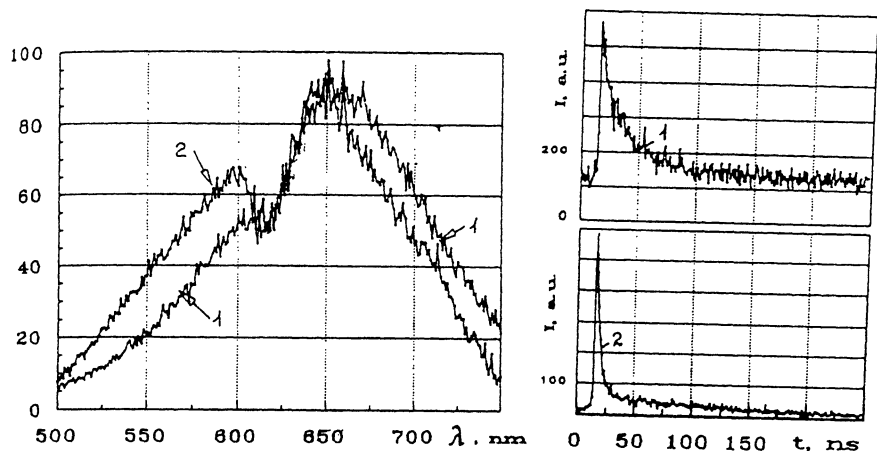


Рис. 1. Спектры и кинетика люминесценции ($\lambda = 650\text{ nm}$) $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ при $T = 300\text{ K}$. Интенсивность возбуждения СИ: $J = 0.05 J_{\text{max}}$ (1); $J = J_{\text{max}}$ (2).

$\sim 4\text{ МГц}$. Использовалось СИ рентгеновского диапазона с энергией 5–60 кэВ. Для ослабления интенсивности СИ применялись калиброванные фильтры. Кинетика затухания люминесценции регистрировалась с временным разрешением не хуже 200 пс, ее параметры определялись методом расчета свертки. Спектры нормированы на спектральную чувствительность оптического тракта (монохроматор МДР-3 + диссектор ЛИ-602 с мультищелочным фотокатодом). Аппаратура и методика измерения на канале СИ описана в [5,7].

СЛ $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ и $\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$ при СИ-возбуждении представлены на рис. 1,2. В СЛ $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$, в отличие от спектров фотолюминесценции [4], доминирует полоса 650 нм и проявляются особенности при 550 и 605 нм. Охлаждение до 80 К приводит к росту квантового выхода в ~ 5 раз и уменьшению полуширины полос СЛ. В кинетике люминесценции при 300 К отсутствует стадия разгорания, а затухание люминесценции содержит две компоненты: быструю 28 нс и медленную 630 нс (см. таблицу, рис. 1). Для $\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$, в отличие от $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$, полосы в СЛ в области 500–550 нм являются определяющими (рис. 2) и имеют иные параметры кинетики затухания (см. таблицу).

Увеличение интенсивности возбуждения СИ, как и для других Вi-содержащих систем [7], приводит к уменьшению квантового выхода в 8–10 раз, перераспределению интенсивности полос в СЛ, ускорению кинетики затухания люминесценции во всех полосах СЛ. Короткая компонента (4.5 нс) в

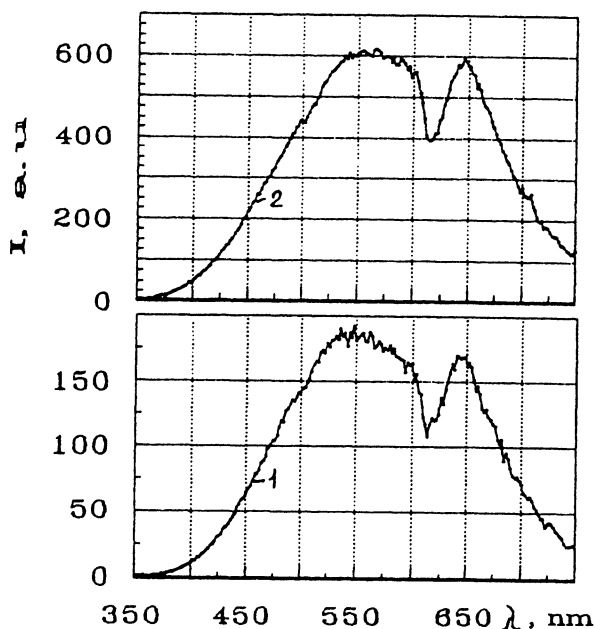


Рис. 2. Спектры люминесценции $\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$ при $T = 300$ К. Плотность возбуждения СИ: $J = 0.051J_{\text{max}}$ (1); $J = J_{\text{max}}$ (2).

кинетики затухания становится доминирующей (см. рис. 1, таблицу).

Для Bi -содержащих систем характерно наличие в СЛ полос в зеленой области 480–550 нм и (или) в красной области 640–660 нм [2,6]. Так, для бездефектных образцов германата висмута со структурой эвлитина ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) или бенитоита ($\text{Bi}_2\text{Ge}_3\text{O}_9$) характерны полосы в СЛ при 480–500 нм, а в этих же образцах с дефектами или в кристаллах со структурой силленита ($\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$) появляются полосы при 650–660 нм. Однако для Bi -содержащих кристаллов, имеющих красное свечение, выход люминесценции при 300 К, как правило, низок. Для исследуемых кристаллов, напротив, наблюдается повышенный выход люминесценции 650 нм. Обладая высокой плотностью, а также достаточно интенсивным свечением в красной области спектра и удовлетворительными параметрами кинетики затухания люминесценции при комнатных температурах, галлат и алюминат висмута представляют интерес для создания сцинтилляционных детекторов высокоэнергетического излучения, работающих в сочетании с волоконно-оптическими системами обработки информации.

Спектрально-кинетические характеристики кристаллов $\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$ и $\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$ при возбуждении синхротронным излучением

Кристалл	Параметр	$J = 0.05 J_{\max}$						$J = J_{\max}$		
		$T = 300\text{K}$			$T = 80\text{K}$			$T = 300\text{K}$		
$\text{Bi}_2\text{Ga}_3\text{O}_9$	$\lambda, \text{нм}$	550	600	650	550	605	650	550	600	650
	$\tau, \text{нс}$	24(92%) + 470(8%)		28(70%) + 630(30%)	Микросекундный диапазон			3.3(97%)		4.5(90%) + 150(10%)
$\text{Bi}_2\text{Al}_3\text{O}_9$	$\lambda, \text{нм}$	460	520	650	460	520	650	460	520	650
	$\tau, \text{нс}$	55(60%) + 140(40%)	55(60%) + 140(40%)	35(50%) + 200(50%)	70(18%) + 650(82%)	70(22%) + 650(78%)	660	9 + 25(40%) + 32(60%)	21(40%) + 32(60%)	25 + 48 + 290

Примечание: $J_{\max} = 4 \cdot 10^{16}$ фотонов/ $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$; τ — время затухания при указанной длине волны λ .

Работа выполнена при поддержке Госкомвуза РФ (грант 1996 г. по исследованиям в области ядерной техники и физики пучков ионизирующих излучений) и РФФИ (грант 96-02-16135-а).

Список литературы

- [1] *Brizner L.H.* // *Mat. Res. Bull.* 1978. V. 13. P. 563-565.
- [2] *Timmermans C.W.M., Blasse G.* // *J. Solid State Chem.* 1984. V. 52. P. 222-232.
- [3] *Krymov A.L., Volkov V.V., Kargin Yu.F.* // *Book of abstr. Int. Conf. on Inorganic Scintillators and their application-SCINT-95. Delft, Netherlands, 1995.* P. 115.
- [4] *Волков В.В., Егорышева А.В., Каргин Ю.Ф. и др.* // *Неорганические материалы.* 1996. Т. 32. № 4. С. 455-458.
- [5] *Pustovarov V.A., Zinin E.I., Krymov A.L., Shulgin B.V.* // *Review of Scientific Instrum.* 1992. V. 63. N 6. P. 3521-3523.
- [6] *Шульгин Б.В., Полупанова Т.И., Кружалов А.В., Скориков В.М.* Ортогерманат висмута. Екатеринбург: Внешторгиздат, 1992. 169 с.
- [7] *Pustovarov V.A., Krymov A.L., Zinin E.I.* // *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res.* 1995. V. A359. P. 336-338.

Поступило в Редакцию
11 июня 1996 г.
