

Смешанные тантало-ниобаты для применений в экспериментах физики высоких энергий

***Я. Герасимов¹, О. Волошина¹, Я. Бояринцева¹, А. Иванов¹, Д. Спасский^{2,3},
О. Сидлецкий¹***

1. Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, Харьков, Украина

2. Институт физики, Тартуский Университет, Тарту, Эстония

3. НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Содержание

- **актуальность**
- **получение смешанных тантало-ниобатов**
- **люминесцентные и сцинтилляционные свойства смешанных тантало-ниобатов**
- **выращивание кристаллов**
- **ВЫВОДЫ**

Предпосылки работы

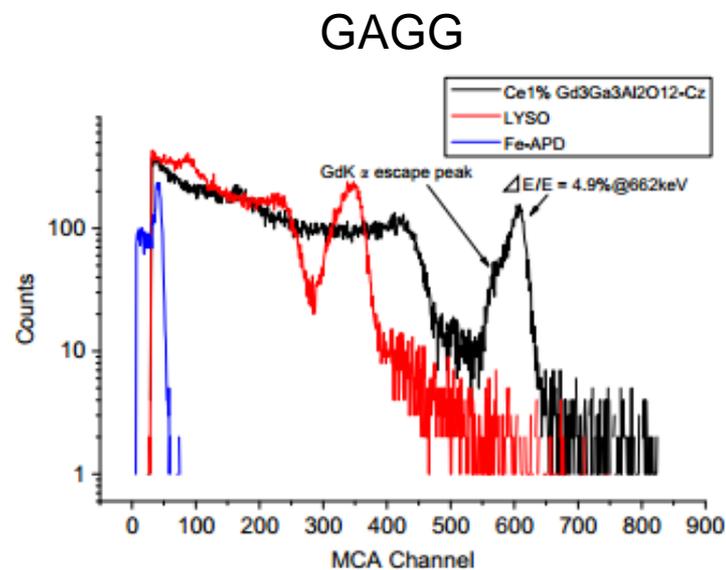
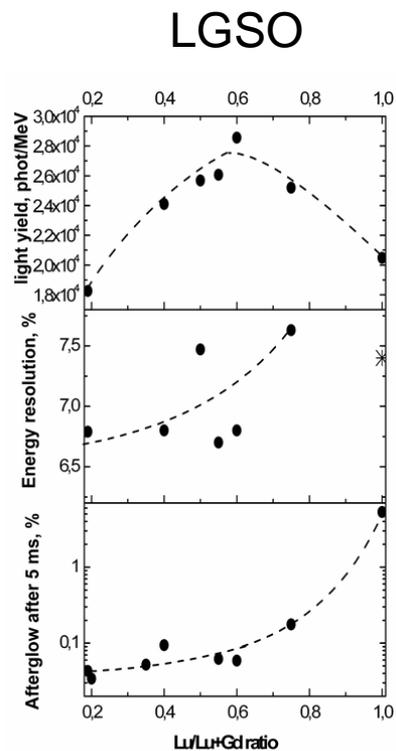
Соединение	Плотность, г/см ³	Световыход, фот/МэВ, (E=662 кэВ)	Время затухания, нс	Стоимость
PWO (PbWO ₄)	8.28	200	10	+
BGO (Bi ₄ Ge ₃ O ₁₂)	7.13	8000-10000	300	++
GSO:Ce (Gd ₂ SiO ₅ :Ce)	6.71	8000-11500	60	++
LSO:Ce (Lu ₂ SiO ₅ :Ce)	7.41	25000-30000	25	+++
LYSO:Ce (Lu _{2x} Y _{2-2x} SiO ₅ :Ce)	7.30	25000-30000	45	+++

Соединение	Плотность, г/см ³	Тип структуры
YTaO ₄	7,56	M'- фергюсонит
GdTaO ₄	8,76	M- фергюсонит
YNbO ₄	5,53	M- фергюсонит
GdNbO ₄	6,80	M- фергюсонит

Соединения с общей формулой REAO₄ демонстрируют собственную люминесценцию групп АО₆ и высокую плотность

G. Blasse and A. Brill, Luminescence phenomena in compounds with fergusonite structure, J. Lumin. 3 (1970) 109 – 131

Широко известный подход – получение смешанных кристаллов – можно использовать для получения плотных и ярких сцинтилляторов на основе танталатов РЗЭ.

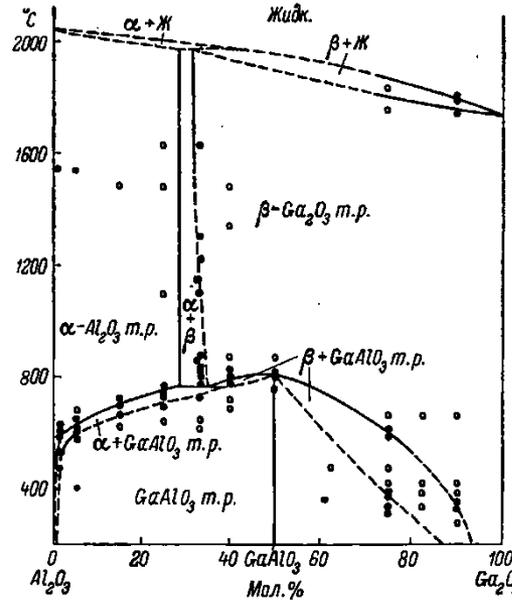
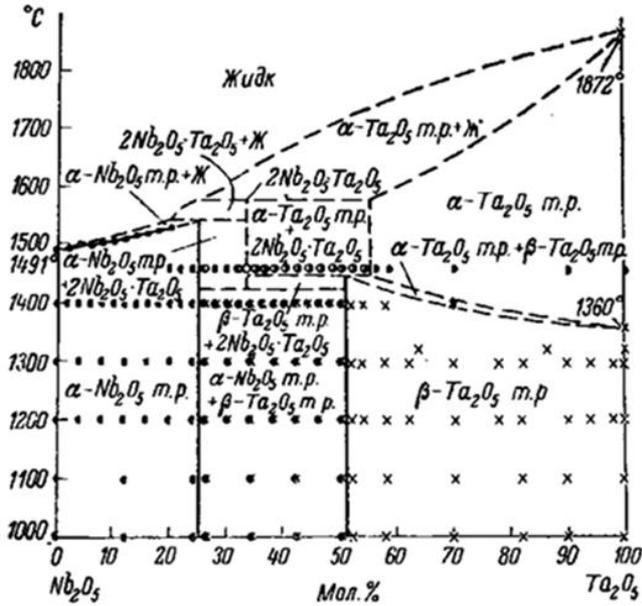


K. Kamada et al. / Journal of Crystal Growth 352 (2012) 88–90

Цель работы:

Получение смешанных тантало-ниобатов гадолиния и иттрия и исследование люминесцентных и сцинтилляционных характеристик

Твердые растворы между оксидами Ta_2O_5 и Nb_2O_5



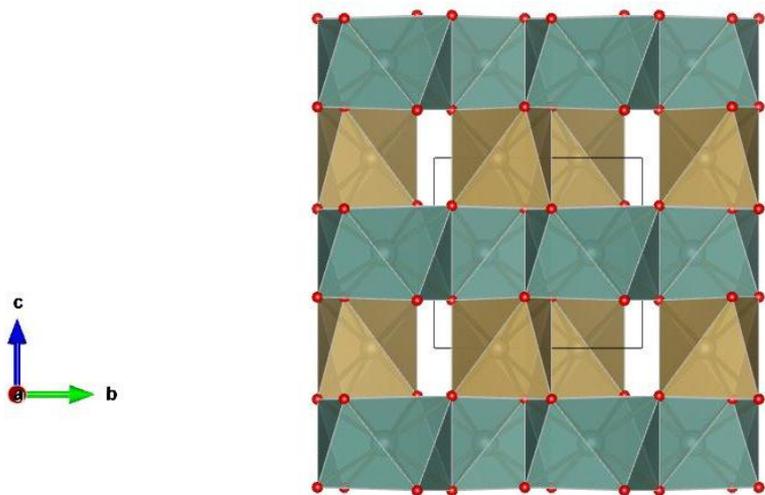
Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский и др., Фазовые диаграммы силикатных систем. Справочник. Первый том. Двойные системы, Л: Наука, 1962, 822с.

Общее молярное соотношение
 $RE_2O_3: [x Ta_2O_3 + (1-x) Nb_2O_5] = 1:1$
 где $x = 0 \div 1$

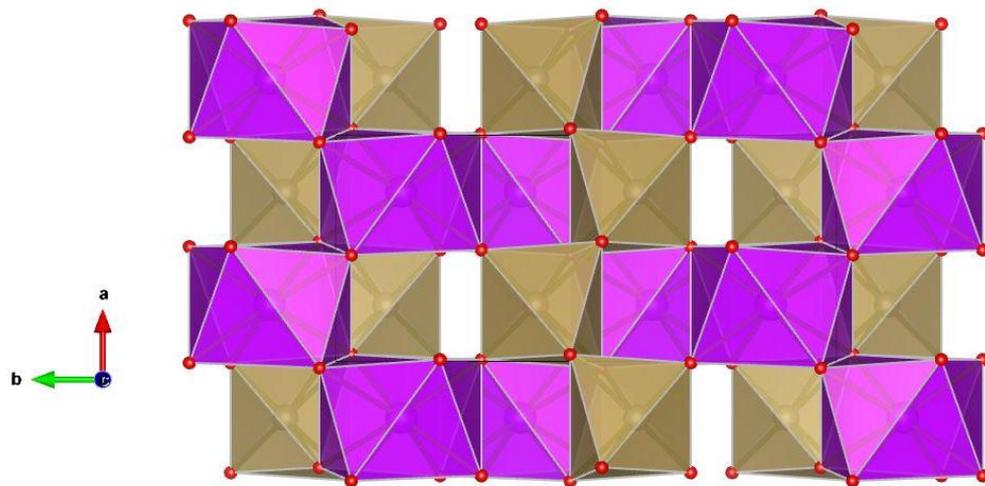
Элемент, степень окисления	Ионный радиус, Å*	Разница радиусов, %
Ta, +5	0,66	0
Nb, +5		

* R. D. Shannon, Acta Crystallographica, A32 (1976) 751-767.

Структуры танталатов и ниобатов

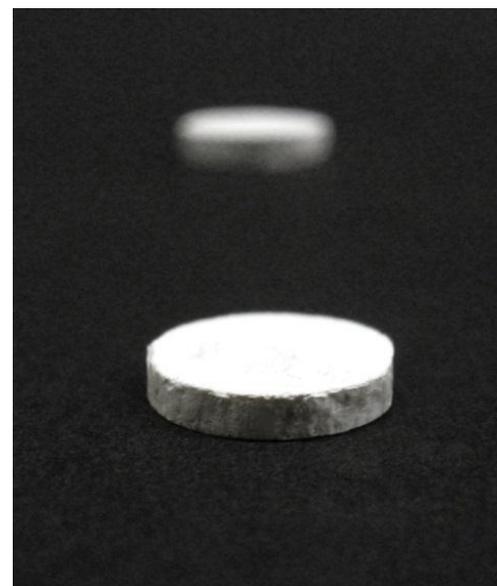
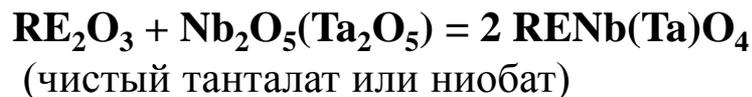
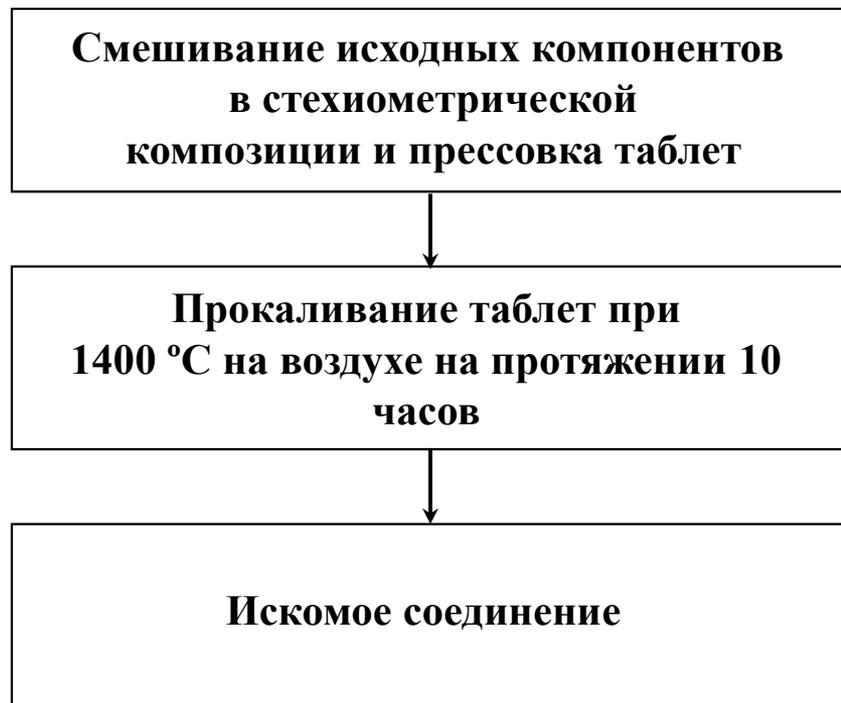


*Структура M'-фергюсонита
(простр. группа $P_1 2/a$)*



*Структура M-фергюсонита
(простр. группа $I 2/a$)*

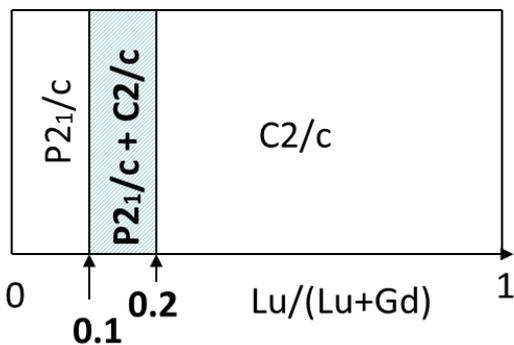
Получение смешанных тантало-ниобатов иттрия и гадолиния



Керамические образцы
тантало-ниобатов

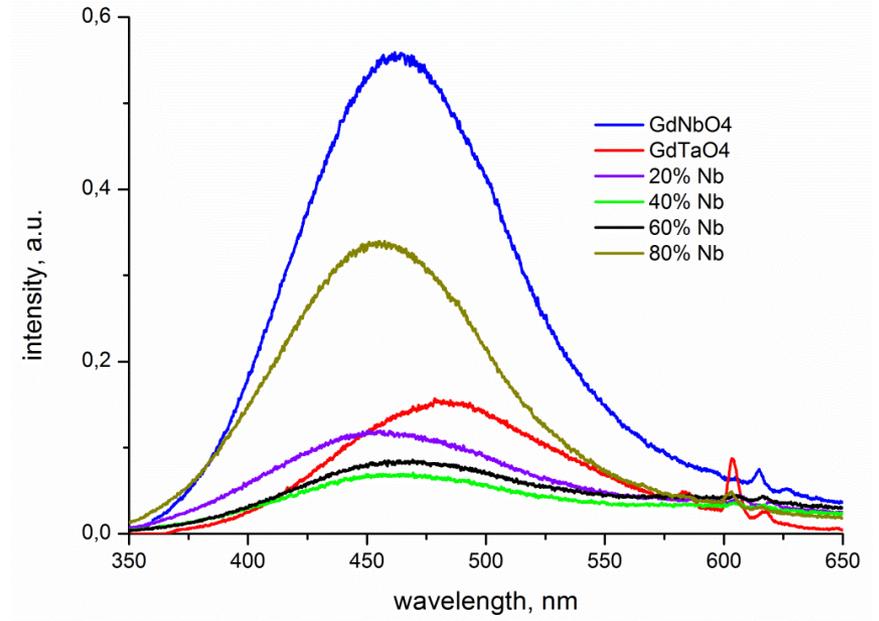
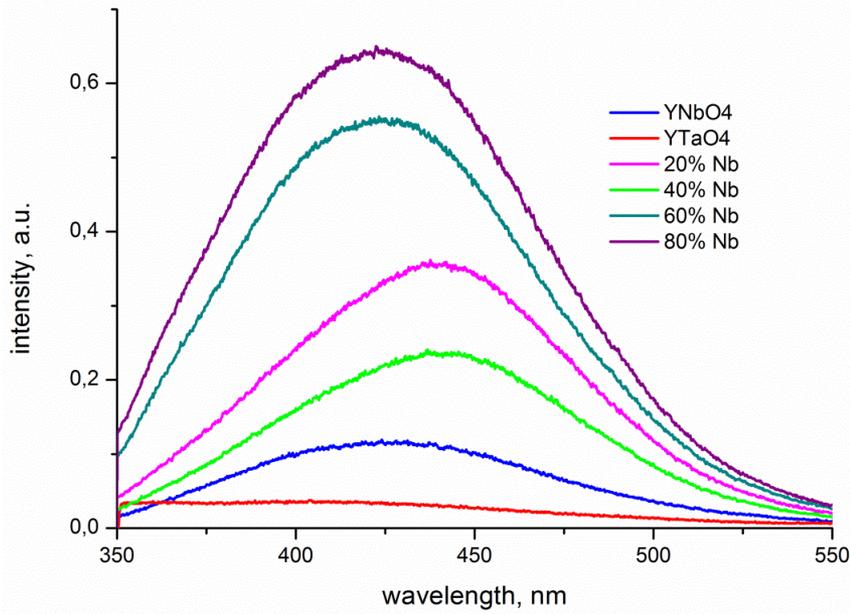
Кристаллическая структура образцов тантало-ниобатов

Содержание Nb, x	Простр. группа	a, Å	b, Å	c, Å	β, град	Плотность, г/см ³ , расчет.
Y(Ta_{1-x}Nb_x)O₄						
0	P ₁ 2/a	5.299	5.456	5.111	96.412	7.56
0.2	I 2/a	5.322	10.935	5.057	95.386	7.16
0.4	I 2/a	5.317	10.938	5.059	95.232	6.75
0.6	I 2/a	5.314	10.943	5.065	95.045	6.34
0.8	I 2/a	5.306	10.946	5.069	94.808	5.94
1.0	I 2/a	5.299	10.949	5.073	94.561	5.53
Gd(Ta_{1-x}Nb_x)O₄						
0	I 2/a	5.405	11.060	5.081	95.620	8.76
0.2	I 2/a	5.401	11.072	5.087	95.460	8.37
0.4	I 2/a	5.395	11.080	5.092	95.276	7.98
0.6	I 2/a	5.387	11.085	5.097	95.042	7.58
0.8	I 2/a	5.379	11.090	5.102	94.812	7.19
1.0	I 2/a	5.372	11.095	5.107	94.563	6.80



ИСМАРТ 2014, 13.10.14, Курцев Д.А.,
постер

Рентгенлюминесценция тантало-ниобатов ($T=300\text{ K}$)

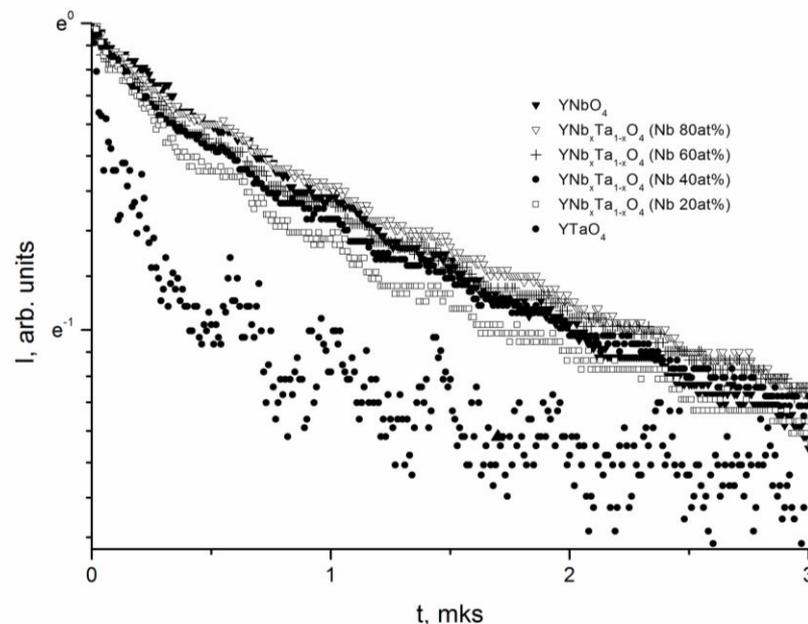


Затухание люминесценции и относительный световыход тантало-ниобатов иттрия

Nb content, x	Light output, a.u.	$\tau_1, \mu\text{s}$	$\tau_2, \mu\text{s}$
0	1.00	0.13 (62 %)	2.21 (38%)
0.2	6.00	0.32 (38 %)	2.43 (62%)
0.4	3.67	0.38 (33%)	2.63 (67 %)
0.6	7.67	0.39 (29 %)	2.67 (71%)
0.8	3.67	0.28 (17 %)	2.24 (83 %)
1.0	4.00	0.38 (15 %)	1.95 (85 %)

$$I = I_0 + A_1 \cdot \exp(-t/\tau_1) + A_2 \cdot \exp(-t/\tau_2),$$

где τ – константы затухания,
 t – время, A_1 , A_2 и I_0 – параметры .
 Относительный внос каждой из компонент затухания A_1 , A_2 в люминесценцию указан в скобках.



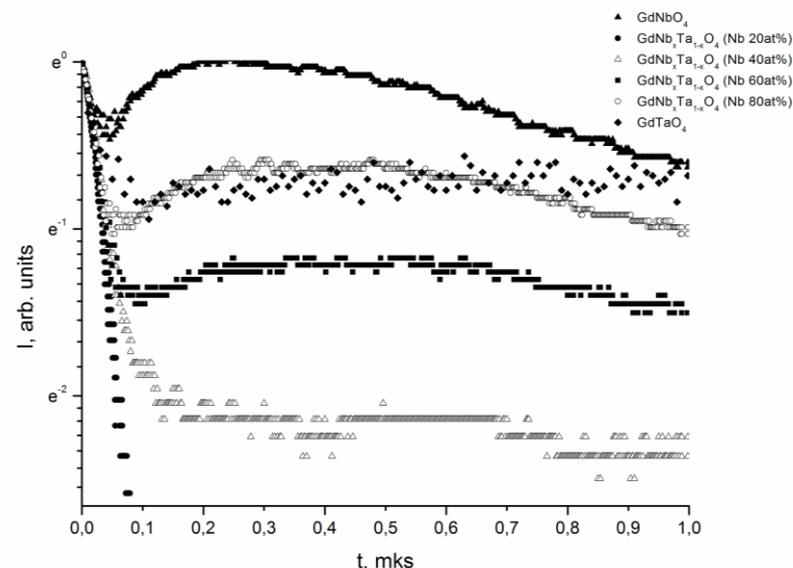
Затухание люминесценции и относительный световыход тантало-ниобатов гадолиния

Nb content, x	Light output, a.u.	Light output, units of PWO	τ_1 , ns
0	0.40	3*	93 (11 %)
0.2	1.67	13	12 (100 %)
0.4	1.33	9	19 (4 %)
0.6	1.34	9	32 (19%)
0.8	2.67	20	33 (17 %)
1.0	2.67	20	5 (4 %)

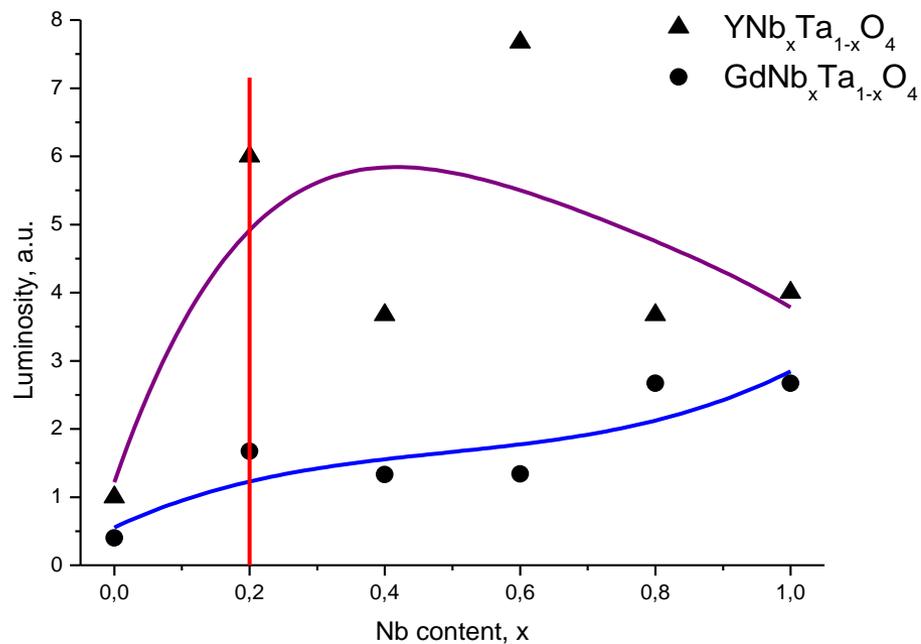
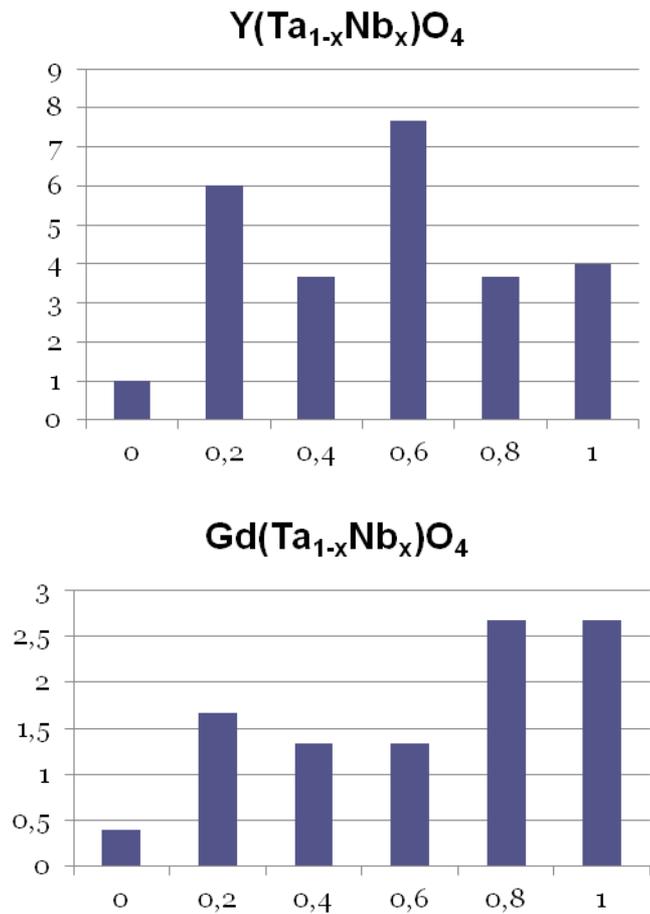
* H. Yang, et al., *Cryst. Eng. Comm.*, 16 (2014) 2480–2485

$$I = I_0 + A_1 \cdot \exp(-t/\tau_1),$$

где τ – константа затухания, t – время, A_1 и I_0 – параметры. Внос быстрой компоненты в общую люминесценцию после первой μ с приведен в скобках.



Зависимость световыхода от содержания ниобия в матрице

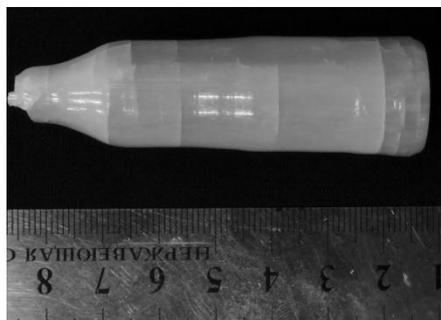


Выращивание кристалла танталата гадолия

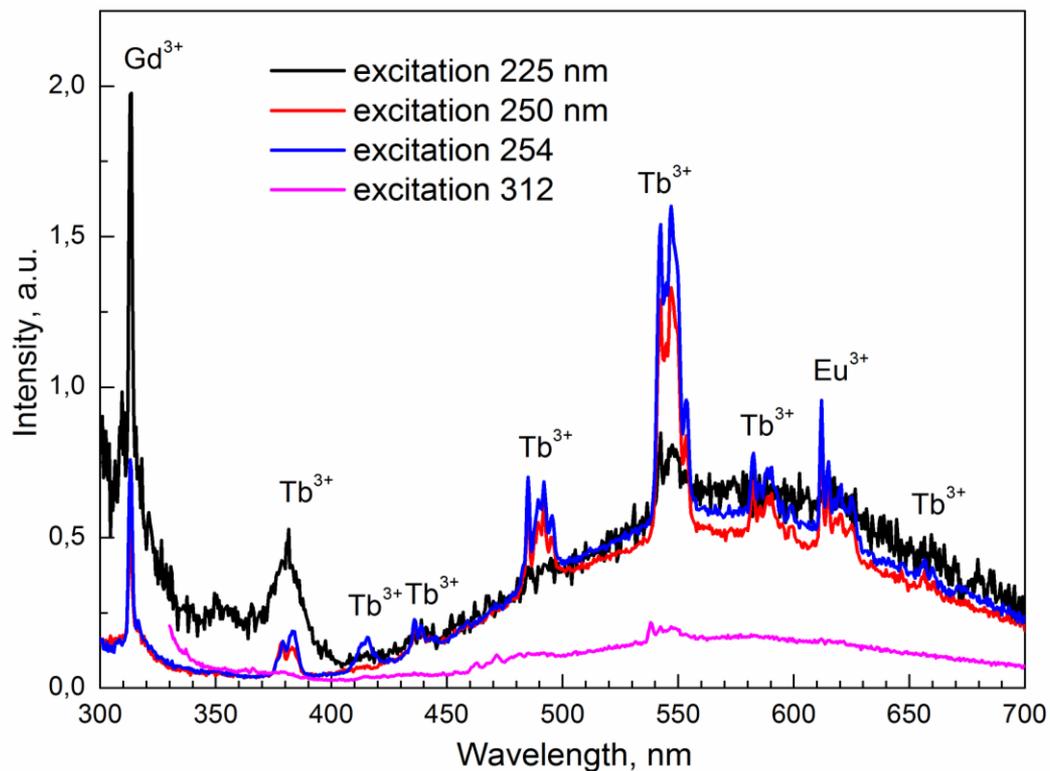
**Ростовая установка
«Оксид II»**



Метод	Чохральского
Способ нагрева	Индукционный
Атмосфера роста	Аргон
Тигель	Ir тигель 40x30 мм
Затравка	Ir проволока
Скорость вытягивания	1мм/ч
Скорость вращения	100б./мин
Состав сырья	стехиометрия



Люминесценция кристалла танталата гадолия



Выводы:

- Тантало-ниобаты образуют устойчивые твердые растворы во всем концентрационном ряду ниобия от 0 до 100 ат%;
- Люминесцентные и сцинтилляционные свойства смешанных тантало-ниобатов зависят от соотношения $Nb:Ta$ в анионе;
- Тантало-ниобат гадолиния $Gd(Ta_{1-x}Nb_x)O_4$, где $x=20$ ат% с высокой плотностью, световыходом (до $13 \times PWO$) и отсутствием медленной компоненты затухания является перспективным материалом для экспериментов физики высоких энергий.

Дзякую за ўвагу

Благодарю за внимание