

Сверхбыстрые сцинтилляторы для ПЭТ на основе кристаллов и керамик из BaF_2

Д.М. Селиверстов

Ю.И. Гусев, Д.В. Леушев, С.В. Косьяненко, В.М. Суворов – ПИЯФ

Е.А. Гарибин, П.Е. Гусев, А.Н. Смирнов – ЗАО ИНКРОМ

П.А. Родный, С.Д. Гаин - СПбПУ

И.А. Миронов - ГОИ

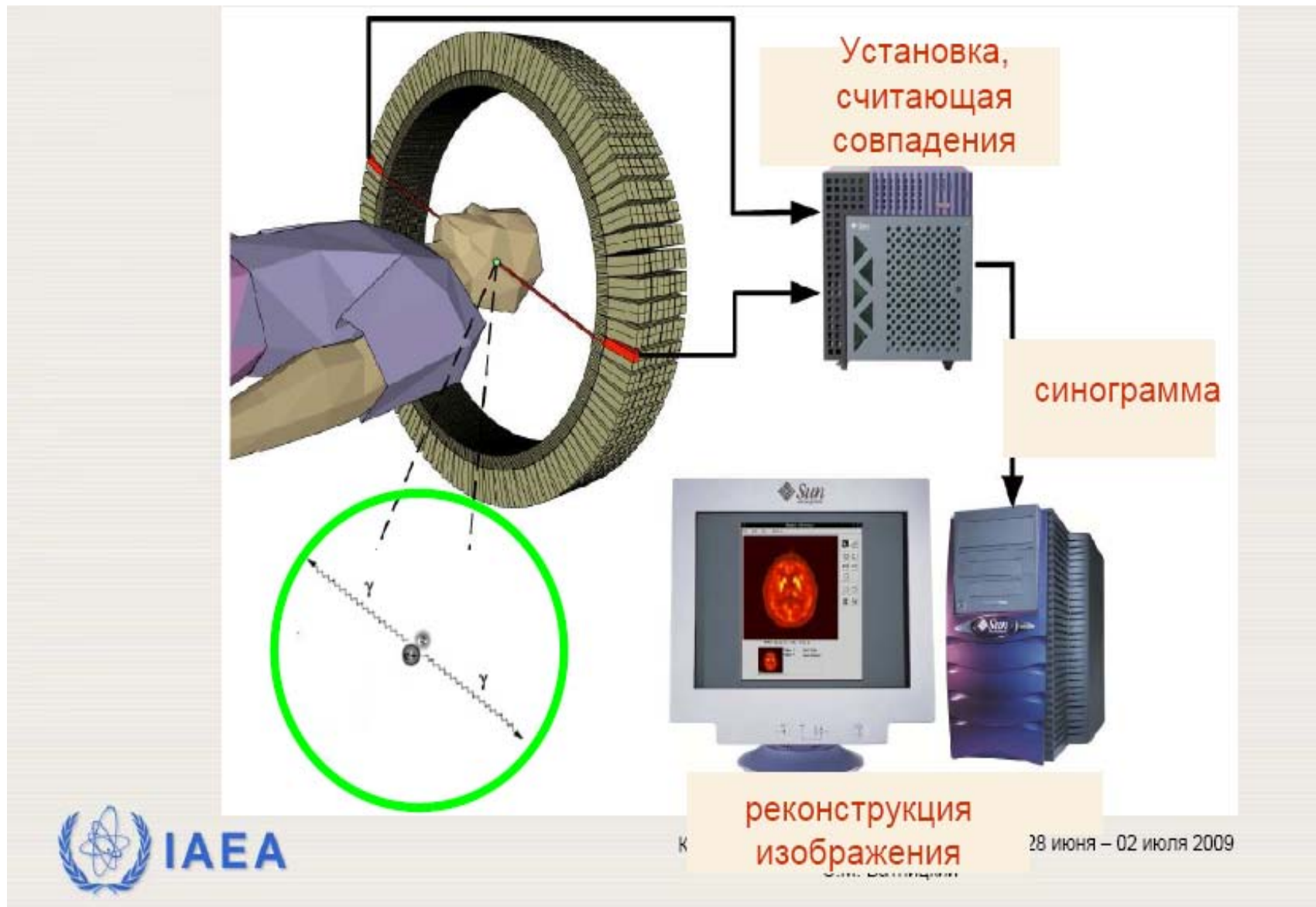
Параметры отбора сцинтилляторов при создании детекторов

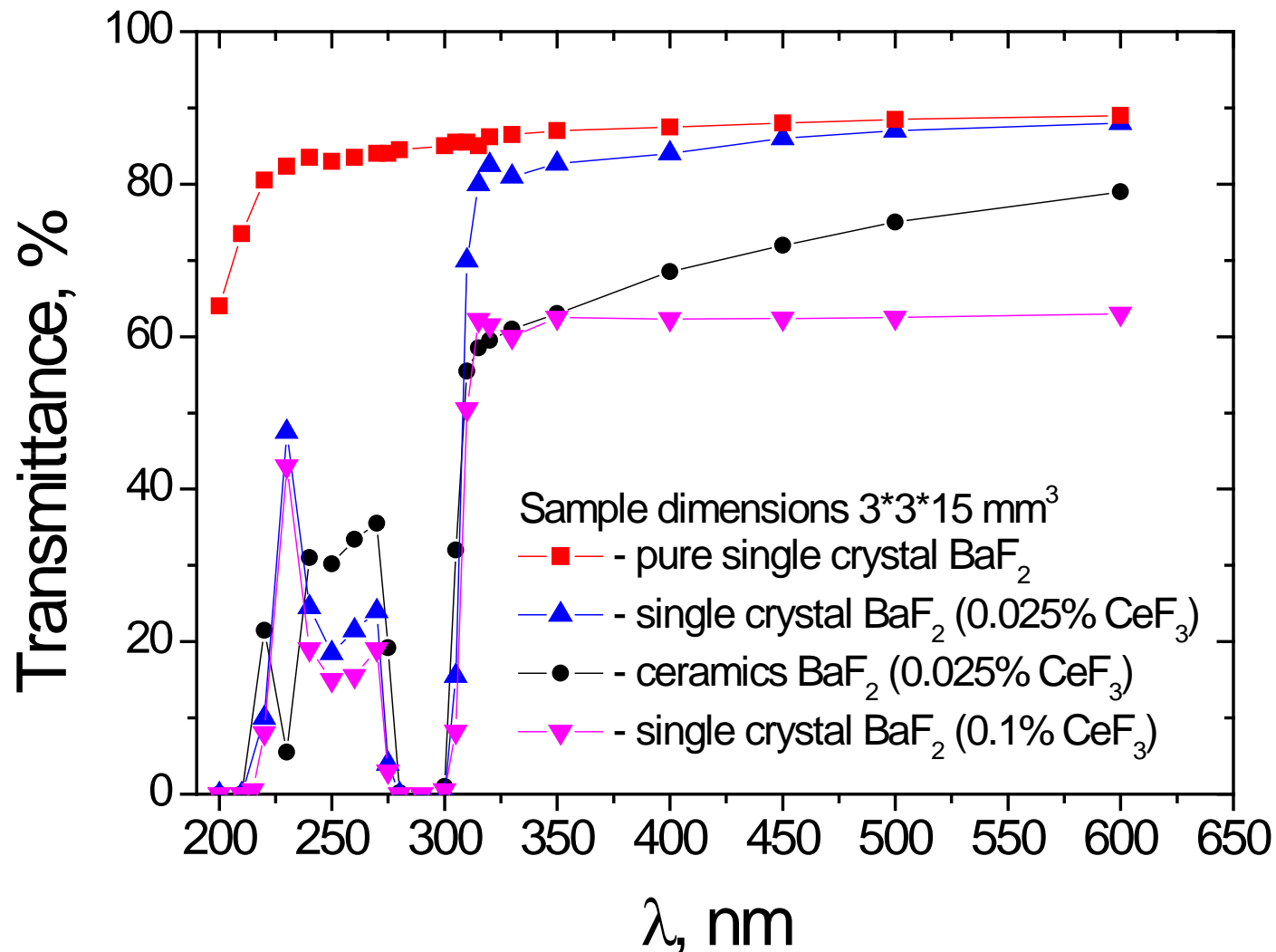
1. Прозрачность на длине волны высвечивания
2. Большой световыход
3. Высокая плотность материала
4. Короткое время сцинтилляции
5. Отсутствие гигроскопичности
6. Температурная стабильность оптических свойств
7. Механические свойства
8. Стоимость сцинтиллятора

Свойства неорганических СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

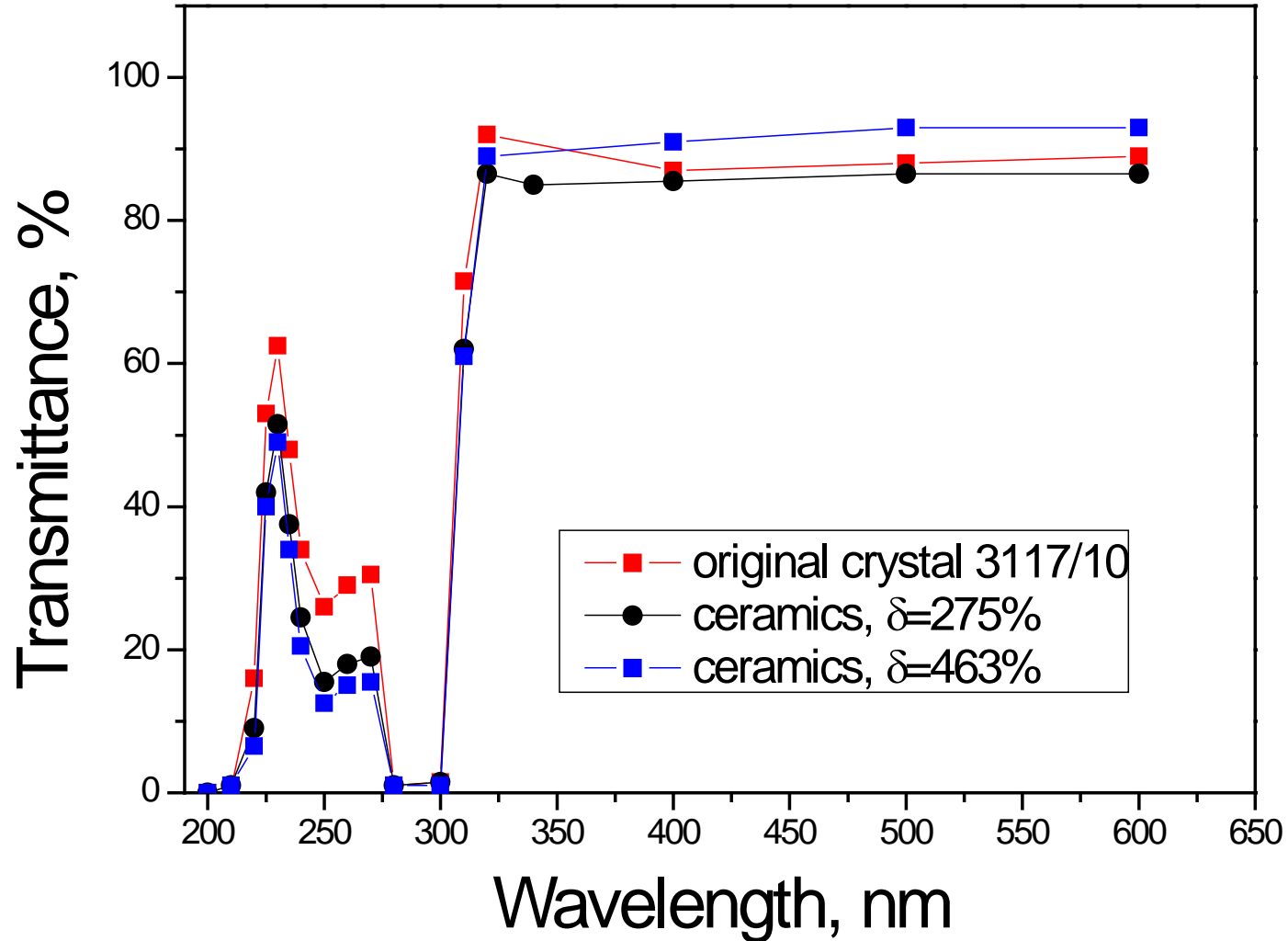
Сцинтиллятор	Плотность г/см ³	Длина волны, нм	Индекс рефракции	Время мксек	Абсолютный выход, фот./МэВ
NaI(Tl)	3,67	415	1,85	0,23	38 000
CsI(Tl)	4,51	540	1,80	0,68(64%) 3,34(36%)	65 000
BGO	7,13	480	2,15	0,3	8200
CeF ₃	6,16	310, 340	1,68	0.005, 0.027	4400
LSO	7.4	420	1.82	0.047	25 000
BaF ₂ (fast component)	4.89	220		0.0006	1400
BaF ₂ (slow component)	4.89	310	1.56	0.63	9500

ПЭТ

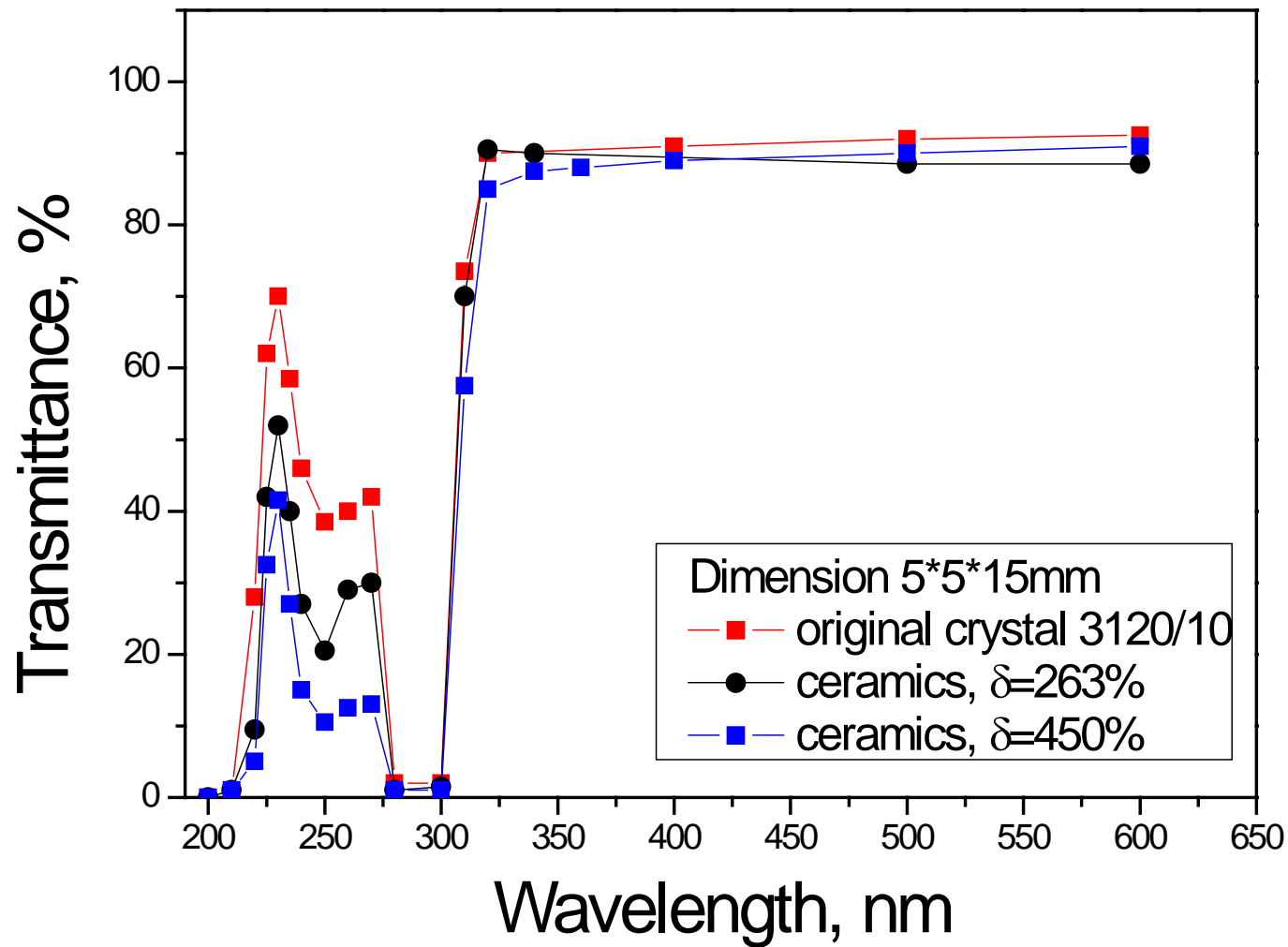




Longitudinal transmittance of BaF₂ samples

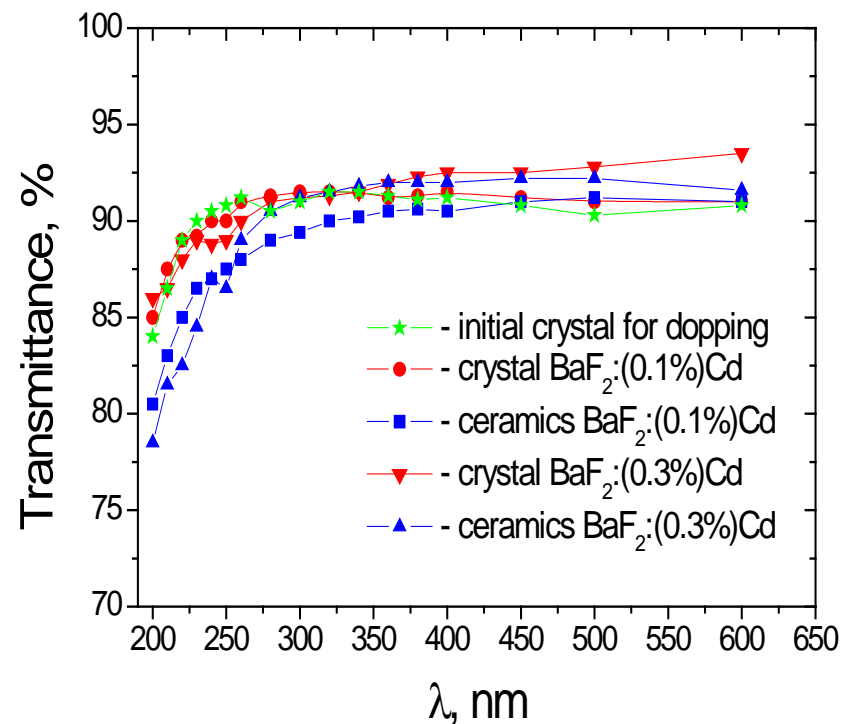
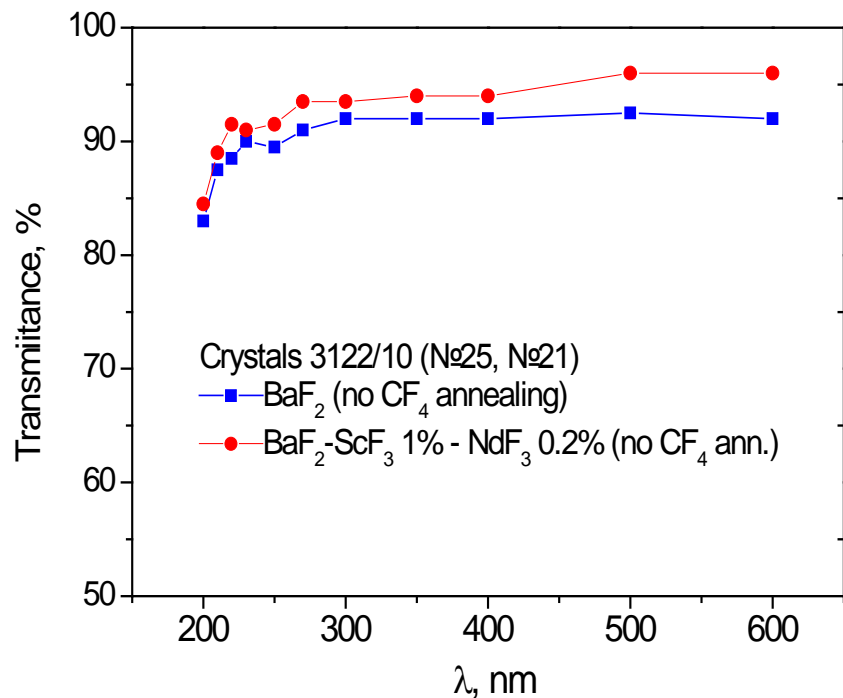


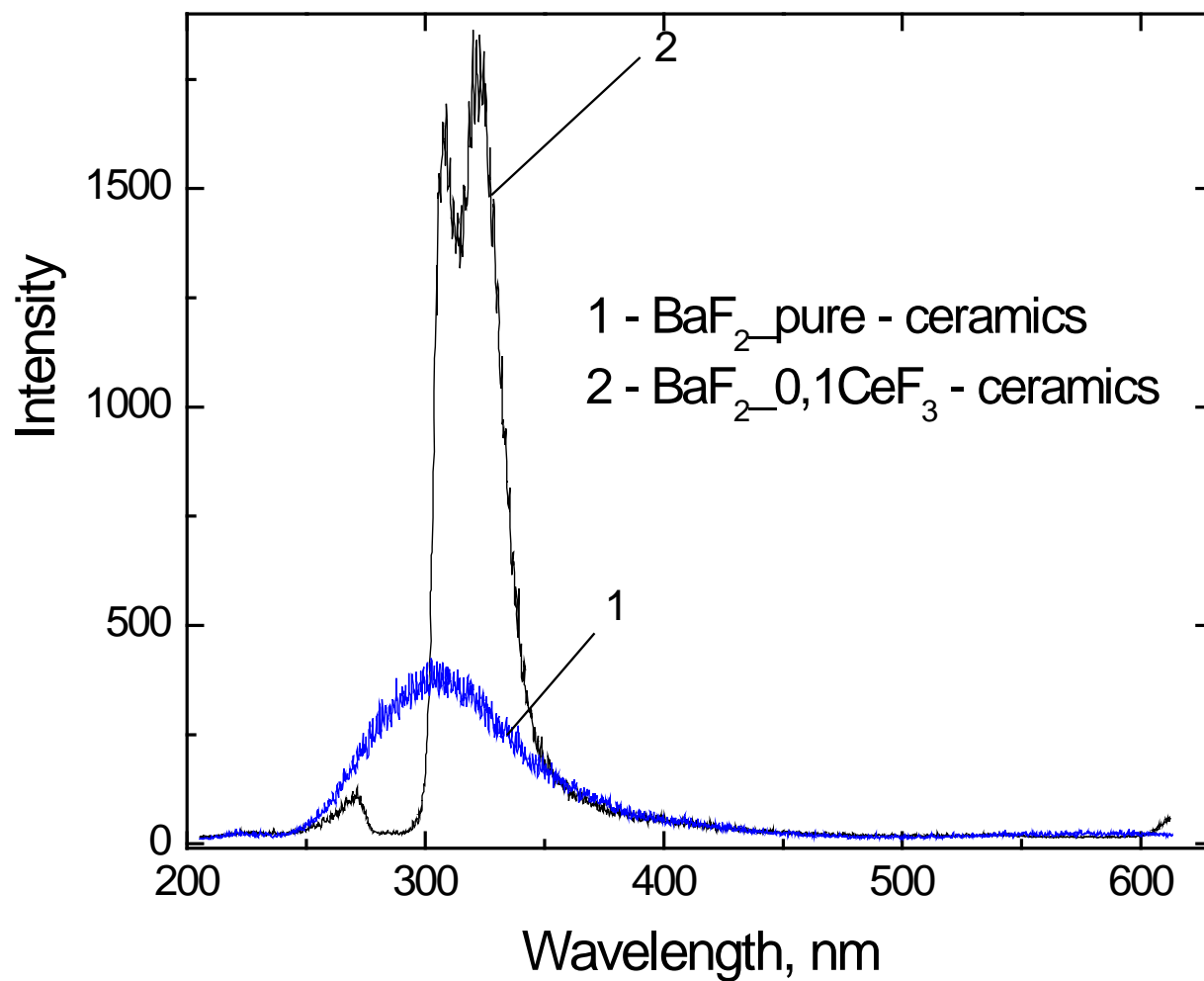
Transmittance of BaF₂-0.12%CeF₃ crystal from ingot 3117 and ceramics



Transmittance of BaF₂-0.12%CeF₃ crystal from ingot 3120 and ceramics

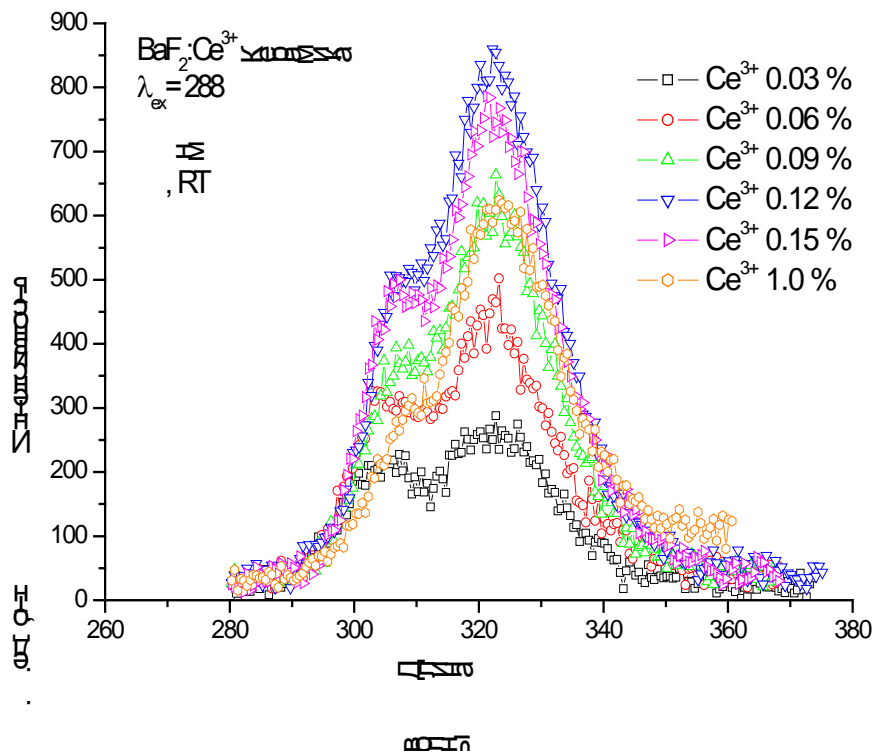
Влияние различных легирующих элементов на прозрачность образцов





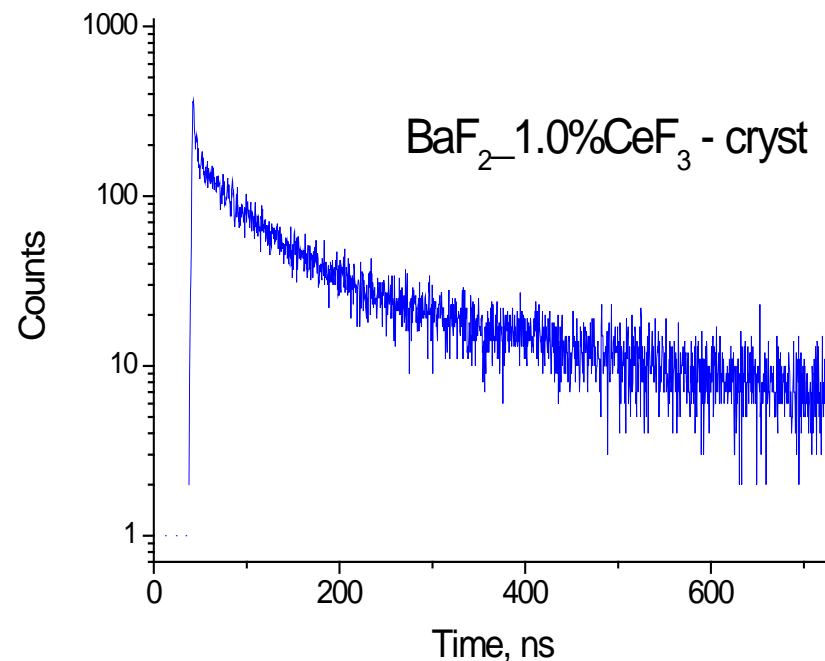
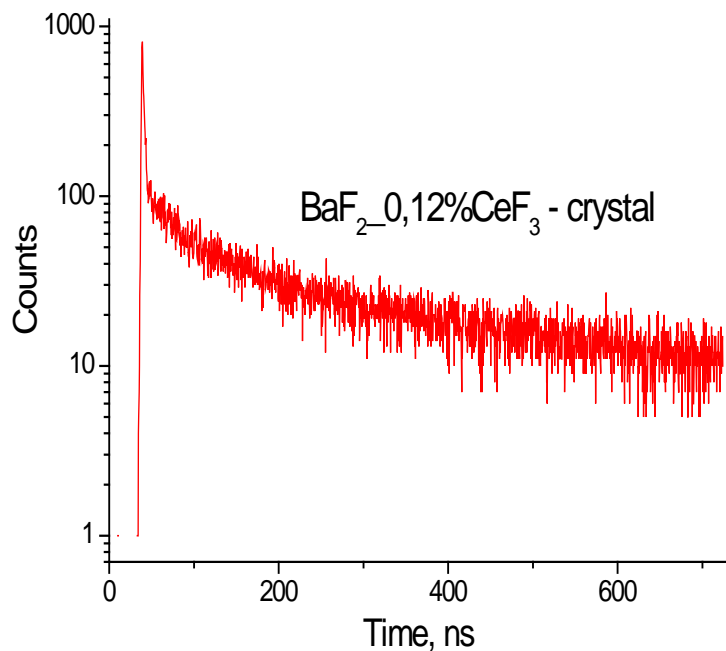
X-ray induced emission spectra of ceramics

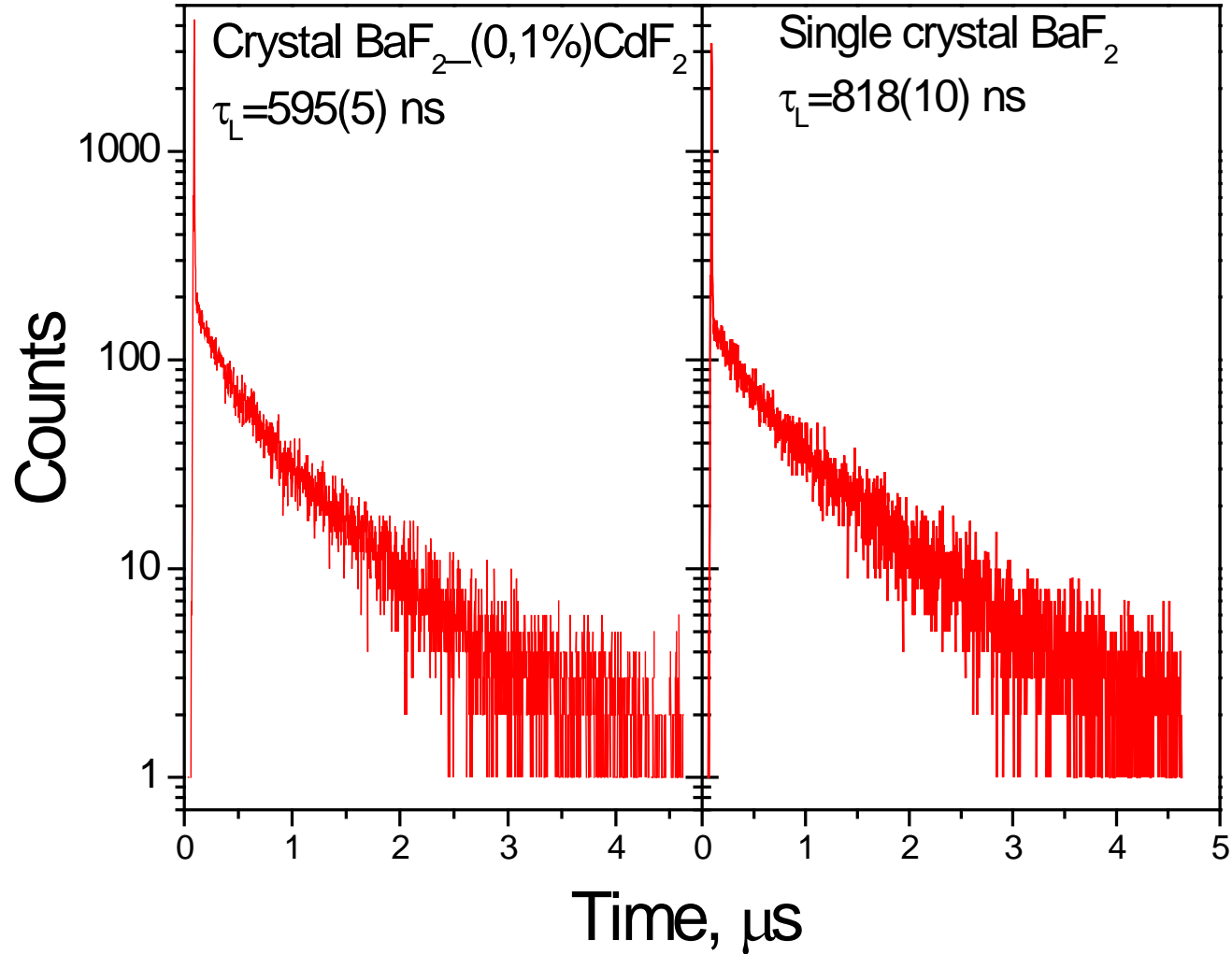
Kinetics and light output of BaF₂ ceramics versus CeF₃ doping



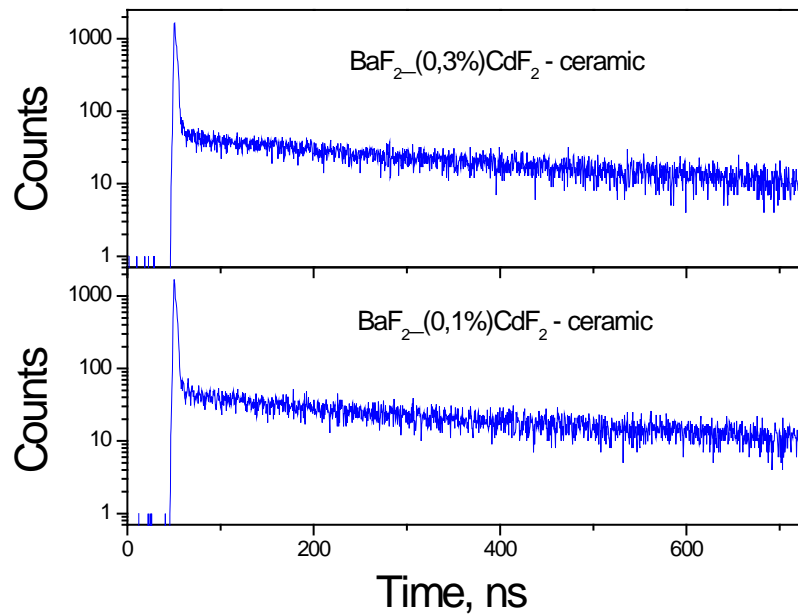
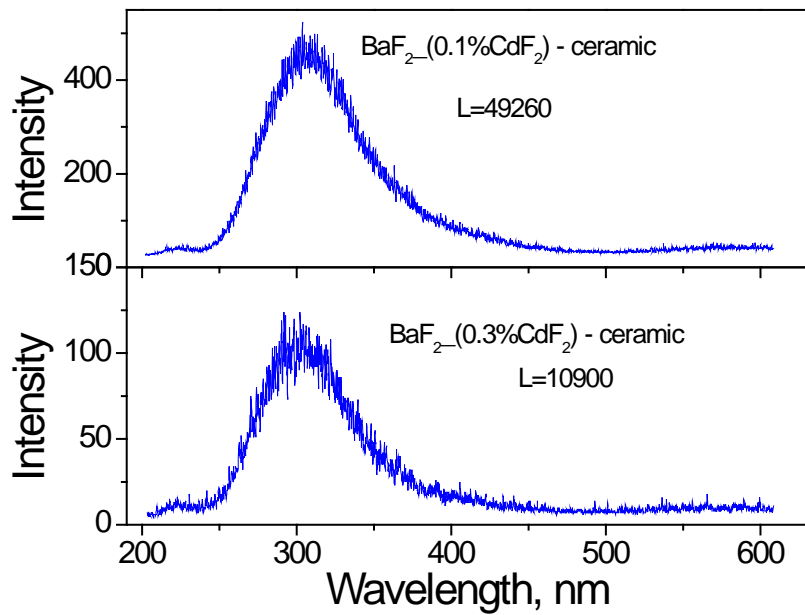
Sample	Form	Ce ³⁺ mol. %	τ_1 ns	τ_2 ns	τ_3 ns	Yield Ph/keV
BaF ₂	ceram	-	0.9	550	-	11.0
BaF ₂	cryst	-	0.9	550	-	11.0
BaF ₂ :Ce	ceram	0.1	~1	47	550	26.5
BaF ₂ :Ce	cryst	0.1	~1	33	550	17.0
BaF ₂ :Ce	ceram	0.05	~1	28	490	19.5
BaF ₂ :Ce	cryst	0.025	~1	33	540	17.5
BGO	ceram	-	-	60	260	8.0

Dependence of BaF_2 kinetic properties versus CeF_3 admixture

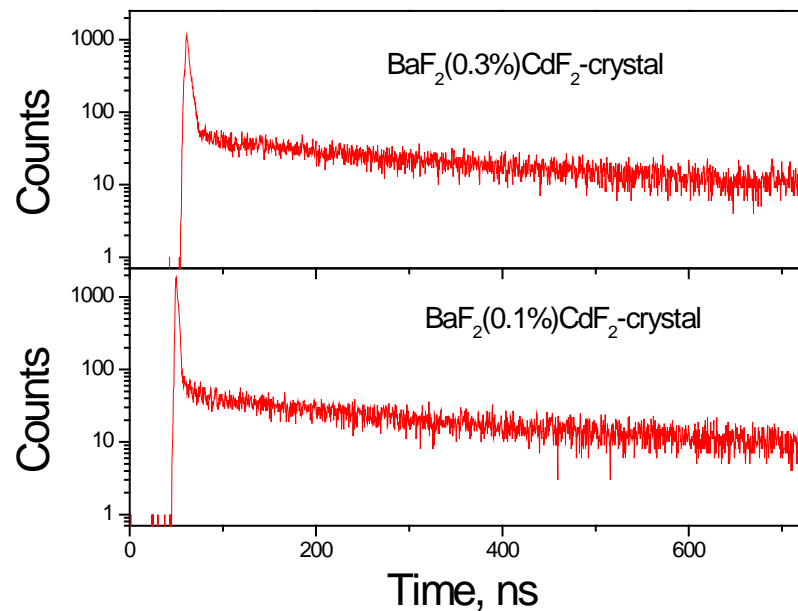
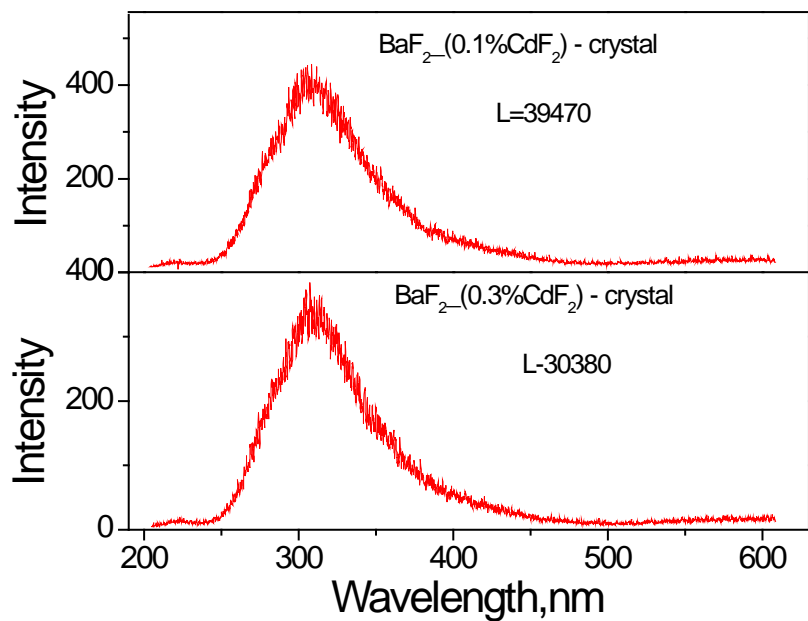




Kinetics of BaF_2 samples



Influence of Cd doping on the ceramics



Influence of Cd doping on the crystal BaF_2

Influence of Cd doping on optical parameters

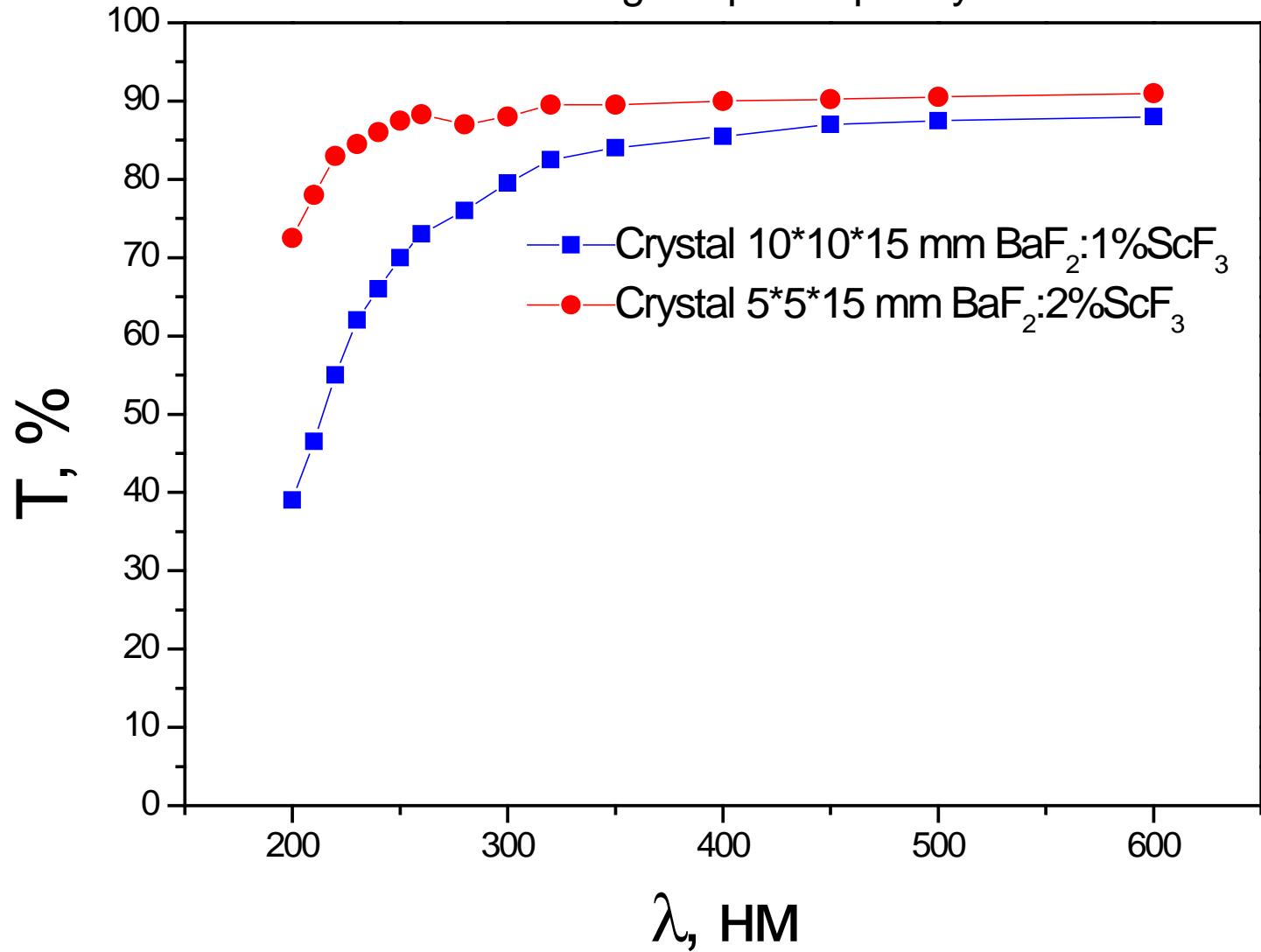
State	Concentration of Cd, Mol.%	Light output, a.u	Decay time, ns
Crystal	0.1	39470	397 5
Ceramic	0.1	49260	441 7
Crystal	0.3	30380	429 6
Ceramic	0.3	10900	446 7

Кристаллы BaF_2 , легированные Sc

Изготовлены и протестированы образцы кристаллов размером 5 5 15 мм и 10 10 15мм с содержанием Sc 1% и 2%.

Производится изготовление образцов керамик BaF_2 , легированных Sc аналогичного размера.

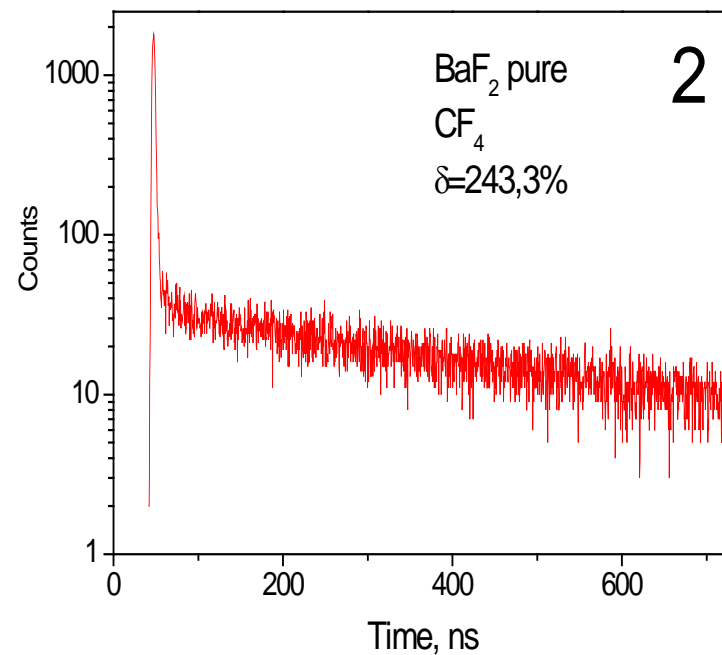
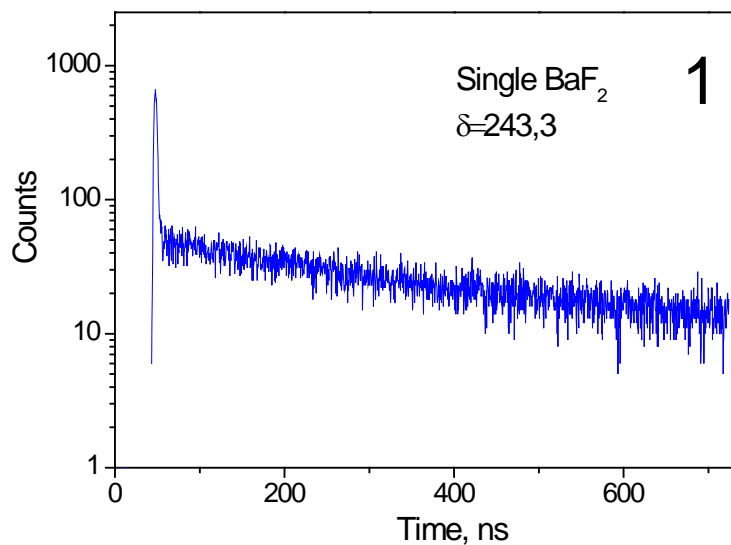
Transmittance along samples doped by Sc



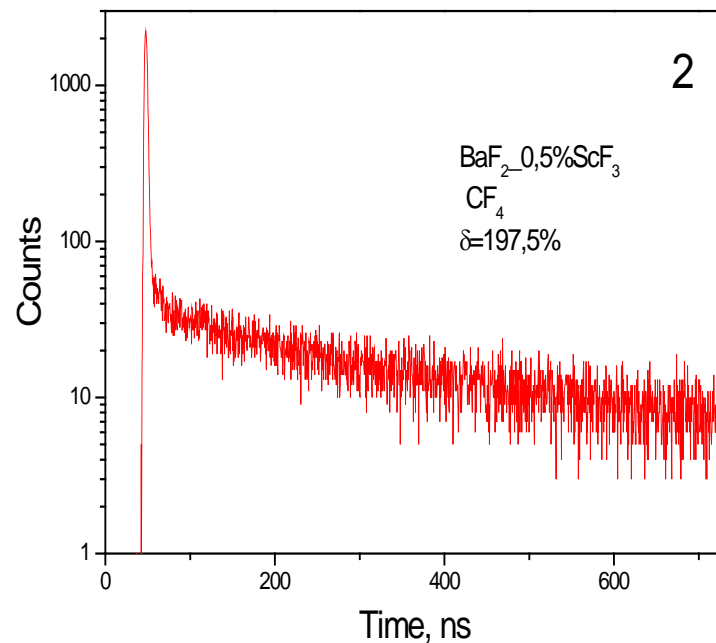
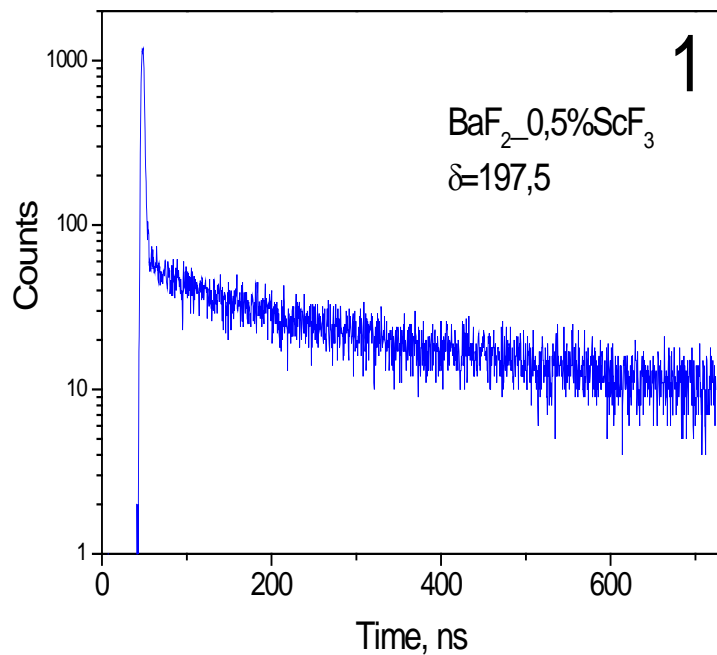
Annealing of BaF₂: ScF₃ ceramics in CF₄

ScF ₃ %	δ, %	CF ₄	τ ₁	I ₁	τ ₂	I ₂
-	243.3	-	2.0 0.1	762 17	500 7	45 0.4
-	243.3	+	1.7 0.1	2154 30	490 8	33 0.4
0.5	197.5	-	1.8 0.1	1377 24	390 5	44 0.4
0.5	197.5	+	1.7 0.1	2666 32	384 6	33 .5
2.0	214.3	-	1.9 0.1	2015 30	383 5	40 .5
2.0	214.3	+	2.0 0.1	2570 30	405 6	30 0.4

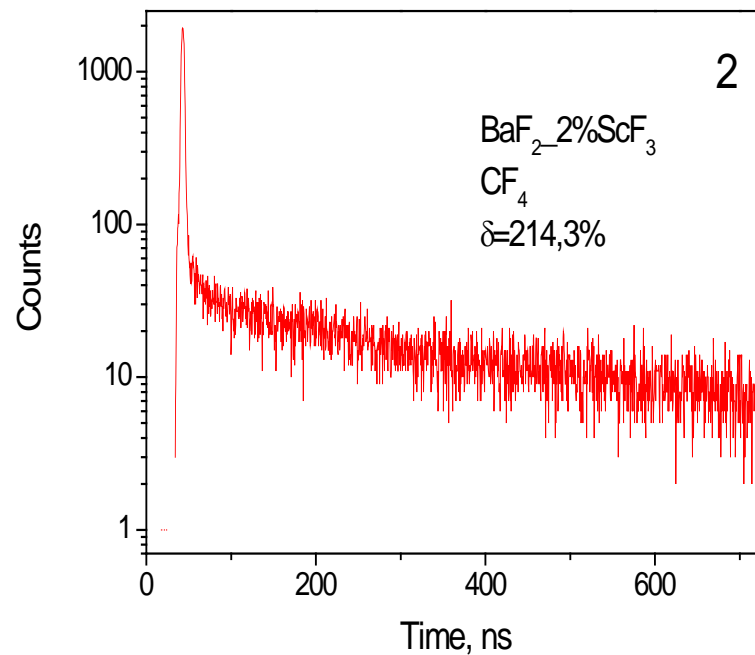
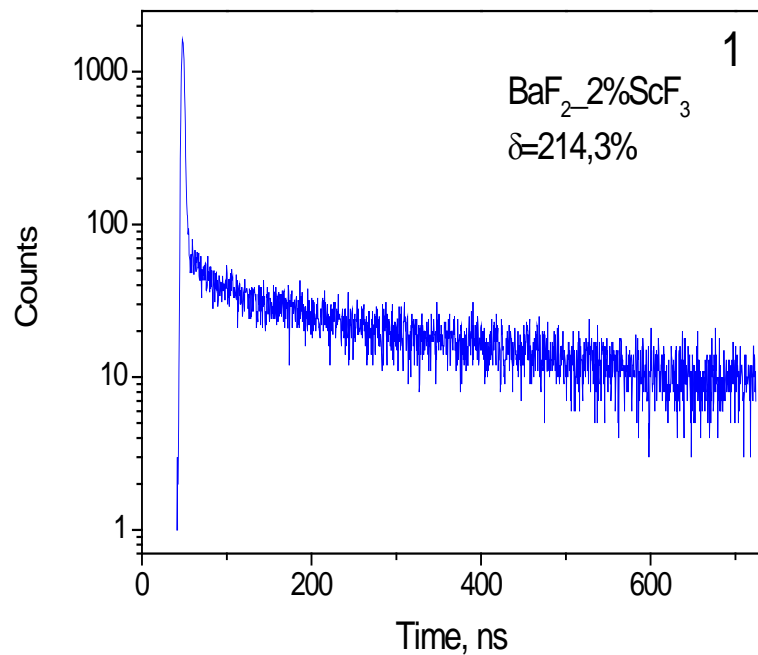
Влияние отжига керамик из BaF_2 в атмосфере CF_4 на кинетические свойства



Чистая керамика BaF_2 без отжига (1) и с отжигом в CF_4 (2)



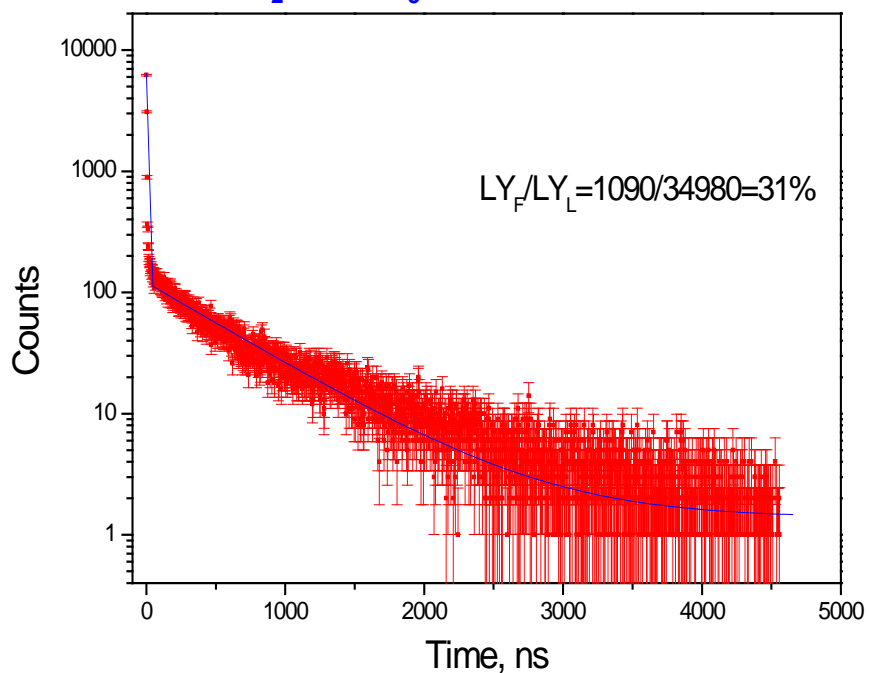
Керамика $\text{BaF}_2:0.5\% \text{ScF}_3$ без отжига (1), с отжигом в CF_4 (2)



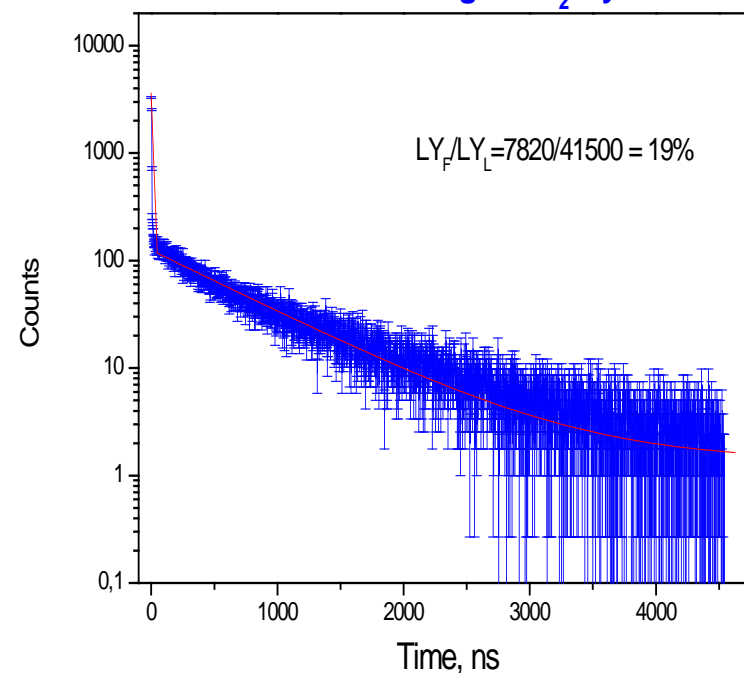
Керамика BaF₂:2% ScF₃ без отжига (1), с отжигом в CF₄ (2)

Kinetic measurements of the prototype samples

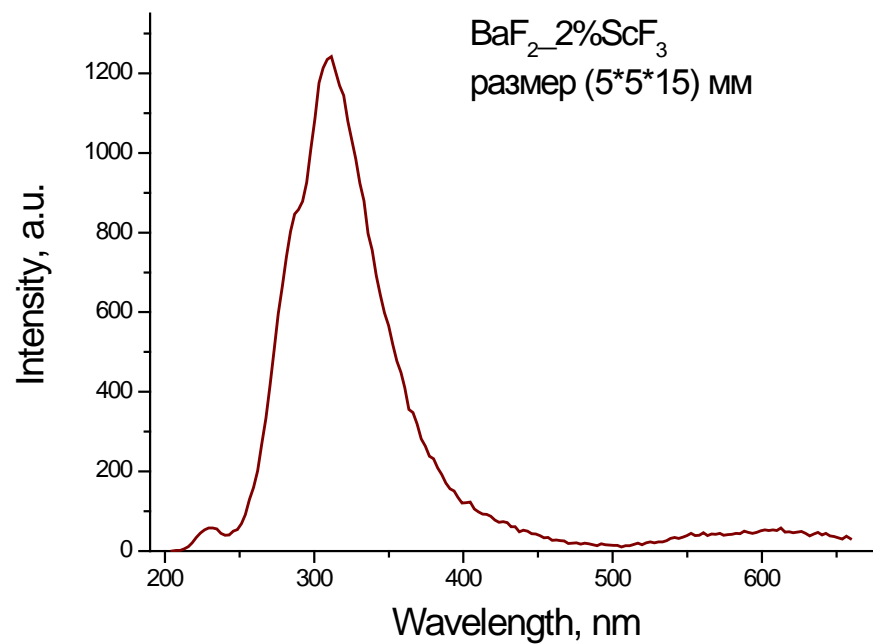
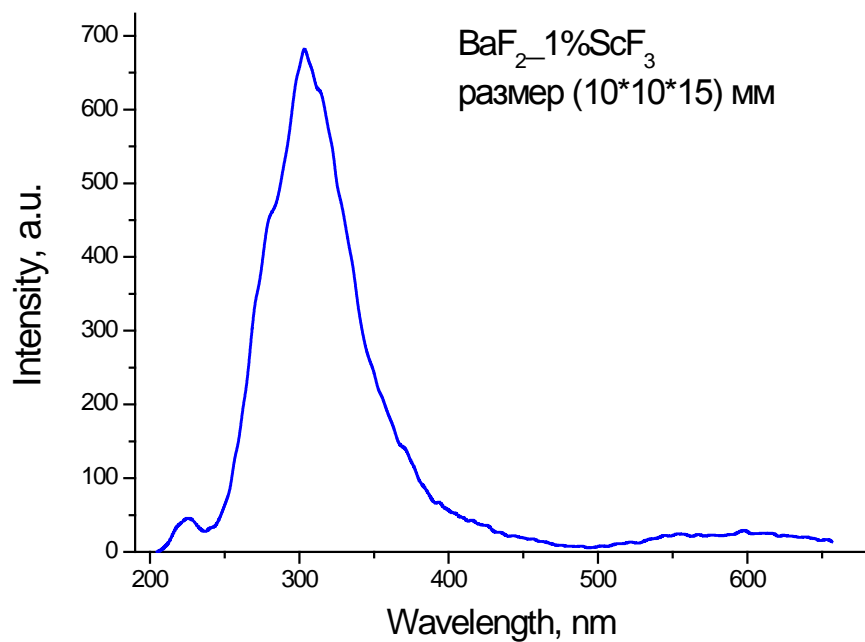
BaF_2 -1% ScF_3 , size (10*10*15) mm



Kinetic of single BaF_2 crystal



Световыход кристаллов BaF_2 , легированных Sc.



Список публикаций группы ФЭЯ в 2010 году.

1. A.A. Демиденко, Yu. Gusev, D.M. Seliverstov et al.
“Scintillation Parameters of BaF₂ and BaF₂:Ce³⁺ ceramics”. Optical Materials 32 (2010) 1291-1293.
2. П.А. Родный,... Ю.И. Гусев, Д.М. Селиверстов et al.
“Спектрально-кинетические характеристики кристаллов и нанокерамик на основе BaF₂ and BaF₂: Ce”. ФТТ 52 (2010) 1780-1784.
3. S.A. Eliseev, Yu. N. Novikov, M.D. Seliverstov et al.
“A new route to the neutrino mass measurement of ¹⁹⁴Hg and ¹⁹⁴Au”. Phys. Lett. B6A3 9 (2010) 426-429.
4. M. Block ..., S.A. Eliseev, Yu. N. Novikov, G.K. Vorobjev et al.
“Direct mass measurement above uranium bridge the gap to the island of stability”. Nature Lett. 463 (2010) 785-787.
5. D. Rodrique ..., Yu. N. Novikov, Yu. I. Gusev, M.D. Seliverstov et al.
“MATS – project at FAIR” Eur. Phys. J. Special Topics 183 (2010) PP1-123.

6. J.D. Vergados and Yu. N. Novikov. “Exploring new features of neutrino oscillations with very low energy monoenergetic neutrinos”.
Nucl. Phys. B 839 (2010) 1-20.
7. K. Blaum, S.A. Eliseev, and Sz. Nagy.
“Penning traps and Fundamental Physics”.
AIP Conf. Proc. 126 (2010) 293-299.
8. F. Herfurth, ...A. Sokolov, G. Vorobjev. “HITRAP – Heavy, Highly-charged Ions and Antiprotons at Rest”.
Acta Physica Polonica B, 41, No. 2, February 2010.
9. M. Block, S.A. Eliseev, Yu.N. Novikov, ...G.K. Vorobjev.
“Penning trap mass measurements of trans-fermium elements with SHIPTRAP”.
Hyperfine Interaction 196 (2010) 225-231.
10. Z.Y.Sun, L.Andronenko et al., "Isospin Diffusion and Equilibration for Sn+Sn collisions at E/A=35 MeV"
Phys. Rev. C 82, 051603(R) (2010).