

Оптическая спектроскопия фтористого лития и оценка его световыхода

Е.А.Раджабов, Р.Ю. Шендрик, А.И.Непомнящих

Институт геохимии СО РАН

март 2012



- Введение
- Механизмы переноса энергии
- Экситоны в LiF
- Оценка световыхода
- Заключение



Область прозрачности (12 эВ(105 нм) – 0.1 эВ(900 см⁻¹))
 Плотность 2.6 г/см⁻³
 Экситонный пик 13 эВ, $E_g = 14$ эВ
 Основные радиационные дефекты
 F и X₃⁻

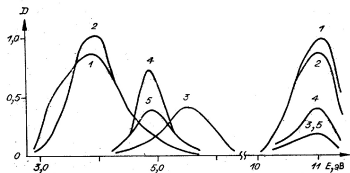


Рис. 1.17. Спектры оптического поглощения при 290 К кристаллов LiF : Mg, облученных при 90 К и прогретых до температур 290 (1), 400 (2), 570 К (3), и кристаллов «чистых» LiF, облученных при 290 (4) и прогретых до 448 К (5).

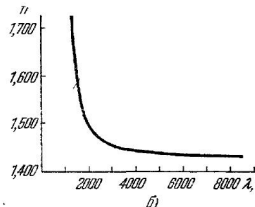
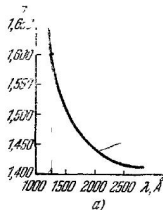


Рис. 2.1. Кривые дисперсии фтористого лития (а) и флюорита (б).



D. Pooley and W. A. Runciman J. Phys.C: Solid St.Phys., 1970, 1815

Table 1. Recombination luminescence bands in alkali halides at about 5 K

Crystal	Peak position (nm)	(eV)	Halfwidth (eV)	Lifetime† (s)	Intensity‡
LiF	214	5.80	—	—	2.4×10^{-4}
	351	3.53	—	—	5.0×10^{-4}
NaF	—	—	—	—	—
KF	405	3.06	0.45	2.8×10^{-6}	2.5×10^{-3}
	233	5.32	0.36	—	7.6×10^{-3}
RbF	400	3.10	—	—	2.6×10^{-3}
	206	5.96	0.43	—	5.1×10^{-3}
CsF	394	3.13	0.33	—	1.9×10^{-3}
	296	4.18	0.69	1.2×10^{-4}	1.9×10^{-2}
LiCl	231	5.47	0.59	vs	1.7×10^{-2}
	358	3.47	0.68	3.1×10^{-4}	2.3×10^{-2}
KCl	488	2.54	0.26	5.0×10^{-3}	2.1×10^{-3}
RbCl	514	2.41	0.25	8.9×10^{-3}	6.7×10^{-3}
CsCl	245	5.07	0.45	vs	3.6×10^{-4}
	275	4.52	0.74	vs	7.0×10^{-4}
LiBr	234	5.30	0.45	vs	9.5×10^{-2}
	314	3.95	0.53	5.1×10^{-6}	1.5×10^{-2}
NaBr	267	4.65	0.44	4.6×10^{-7}	9.5×10^{-2}
	281	4.40	0.44	vs	2.9×10^{-2}
KBr	509	2.44	0.41	1.0×10^{-4}	1.4×10^{-2}
	300	4.13	0.39	vs	3.4×10^{-2}
RbBr	525	2.36	0.47	1.5×10^{-4}	3.8×10^{-3}
	262	4.74	0.40	vs	8.1×10^{-3}
CsBr	350	3.55	0.28	1.5×10^{-5}	1.9×10^{-2}
	380	3.27	—	5.0×10^{-6}	6.4×10^{-3}
NaI	292	4.24	0.38	5.7×10^{-7}	2.6×10^{-1}
	300	4.13	0.34	vs	3.8×10^{-2}
KI	375	3.31	0.39	6.0×10^{-6}	1.3×10^{-1}
	320	3.88	0.30	vs	4.4×10^{-2}
RbI	402	3.09	0.49	2.2×10^{-5}	1.2×10^{-2}
CsI	336	3.69	0.51	1.8×10^{-6}	1.0

† Lifetimes too short to measure in the present work, namely less than 20–30 ns, are labelled vs (very short).

‡ Intensities given are peak amplitudes relative to that in CsI.

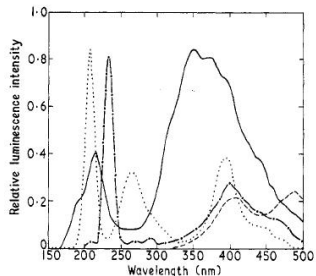


Figure 1. x-ray luminescence spectra of fluorides at about 5 K: full curve, LiF (scale maximum 6×10^{-4}); dotted curve, NaF (scale maximum 6×10^{-3}); broken curve, KF (scale maximum 1×10^{-2}); chain curve, RbF (scale maximum 1×10^{-2}).



Введение (LiF scintillator)



LAWRENCE LIVERMORE LABORATORY
University of California, Livermore, California, 94550

UCRL-51528

THE SCINTILLATION RESPONSE OF LITHIUM FLUORIDE

Roger J. Kloepfing
(MS. Thesis)

B. Conclusions

1. It is difficult to grow LiF crystals doped with activator sites.
2. LiF (Ti) does scintillate, but only $\approx 17\%$ compared to anthracene. 8.5% NaI-Tl

Ms. date: February 11, 1974

ELSEVIER Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 396 (1997) 371-373

Section A

Experimental measurements with a LiF(W) scintillator

B. Pritychenko^{a,b}, A. Da Silva^{a,*}, A. Smith^{a,c}, P.D. Barnes, Jr.^{a,d}, B. Sadoulet^{a,c,e}

Abstract

We have constructed a scintillation detector using LiF(W) and studied its response to neutron and gamma sources. We could not detect any signals from low energy photons because its scintillation efficiency is only $6-7\%$ of the efficiency of NaI(Tl). We did observe the Compton edges due to ^{137}Cs and ^{40}K sources. We also observed thermal neutrons by the reaction $^7\text{Li}(n,\alpha)^4\text{He}$. The thermal neutron peak had a resolution (FWHM) of $\approx 17\%$. Finally, we observed events due to the cosmic ray muon flux in our laboratory.

Abstract

INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING
Phys. Med. Biol. 49 (2004) 2599-2611

PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY
PII: S0031-9155(04)75597-9

LiF:W as a scintillator for dosimetry in diagnostic radiology

R Nowotny

Institute for Biomedical Engineering and Physics, Medical University Vienna, AKH-4L,
A-1090 Vienna, Austria

LiF - light yield 3.5-7 % relative to NaI-Tl



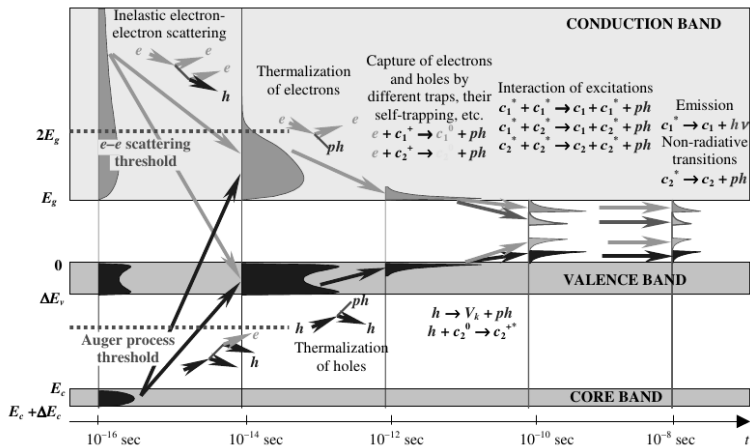


Figure 1. Scheme of relaxation of electron excitations in an insulator with two channels of relaxation



Time-Resolved Luminescence Study on Relaxation Dynamics and Morphology of Self-Trapped Excitons in Ionic Crystals

Ken-ichi Kan'no

Department of Physics, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

Time-resolved spectroscopic studies on the intrinsic luminescence in alkali halides have revealed that there exist multiple local minima on the adiabatic potential energy surface (APES) for the self-trapped exciton (STE) state. These results are briefly reviewed, and closely connected subjects on the shape of the APESs for the lowest singlet-triplet STE pair, the electron-hole exchange energy, relaxation dynamics and the structure of STEs are discussed in terms of adiabatic instability during exciton self-trapping. A simple phenomenological model is proposed for the relaxation dynamics into on-center and off-center STE states, where an importance of the electron-hole spin correlation is pointed out.

1. INTRODUCTION

In these several years, relaxation dynamics of excitons in wide-gap ionic crystals has been a subject of extensive studies with respect to the adiabatic instability, which results in the symmetry breaking of the STE state [1]. Alkali halides are the materials for which the most extensive and systematic studies have been carried out

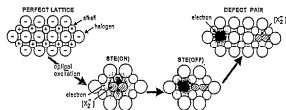


Fig.1 Schematic drawing of exciton self-trapping processes in alkali halide crystals.



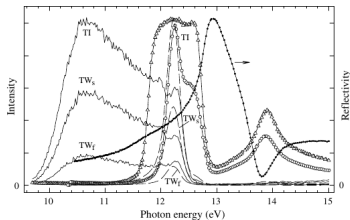
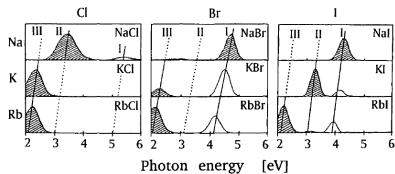
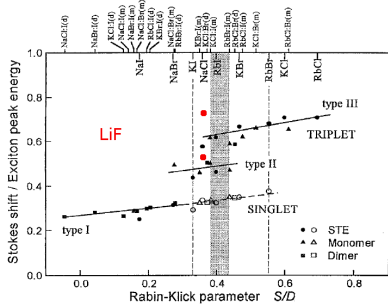


Figure 3. The excitation spectra for a time-integrated (TI), fast (TW_f , $\Delta t = 26$ ns, $\delta t = 8$ ns) and slow (TW_s , $\Delta t = 148$ ns, $\delta t = 52$ ns) component of 5.9 eV (solid lines) or 4.23 eV (dashed lines) emissions and the reflection spectrum ($\bullet\bullet$) in a LiF-1 crystal at 9 K. The excitation spectra of time-integrated 3.4 eV emission in LiF-1 ($\circ\circ$) and LiF-2 ($\triangle\triangle$) crystals at 9 K.



Спектры свечения измерены при возбуждении излучением рентгеновской трубки с напряжением 35 кВ и током трубки 1 мА. Спектры записывались с использованием вакуумного монохроматора VM4 при ширине щелей 4 мм, что соответствовало спектральной ширине щели 7 нм. Спектры регистрировались ФЭУ 39А с областью чувствительности 160-600 нм и максимальной чувствительностью около 400 нм. Для охлаждения образцов использовался криостат-рефрижератор CNCS100-204 (Janis Research).



Эксперимент. Материал LiF

Кристаллы фтористого лития и фтористого кальция имели размеры 10x10x2мм. Кристаллы шлифовались с обеих сторон для уменьшения влияния отражений на угловую зависимость интенсивности свечения.

Измерены спектры свечения образцов фтористого лития различных кристаллов выращенных в нашем Институте

- образец выколот из плавленного фторида лития производства Института химии Таджикской АН (Душанбе), марки ОСЧ
- образцы выколотые из кристаллов K969, R1025, (сырье Душанбе)
- образец выколот из кристалла R374, выращенного в нашем Институте

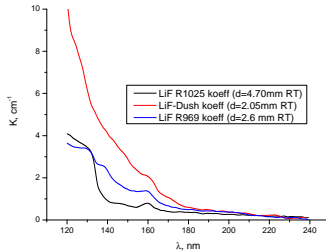
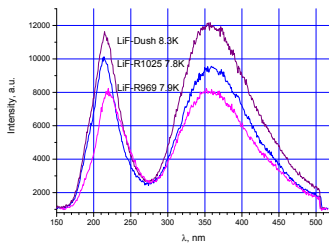
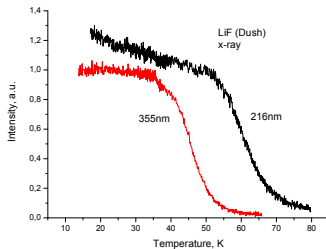
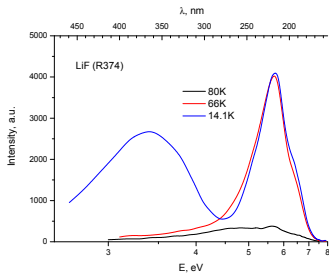
Таблица 3.1

Содержание примесей в исходном фториде лития,
мас % $\times 10^3$

Марка	Mg	Ca	Si	Ti	Te	Al	K	Na	Mn	Cu	H ₂ O
"ЧДА для спектрального анализа"	2+4	I+5	2+6	3	I	2+4	I	I	-	-	500
"УЧ для монокристаллов ВУ"	2+4	I+5	2+7	I	I+5	3	I	3	-	-	500
"ЧДА для спектрального анализа" после зонной перекристаллизации	I	3	-	-	I	I	I	I	-	-	-
"ОСЧ" (порошок)	0.1	I	0.5	I	0.1	I	I	0.1	0.1	0.1	10
"ОСЧ" (плавленный)	0.1	I	0.5	I	0.1	I	I	0.1	0.1	0.1	0.1

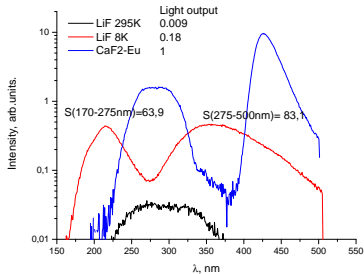


Спектры свечения



Спектры свечения 2

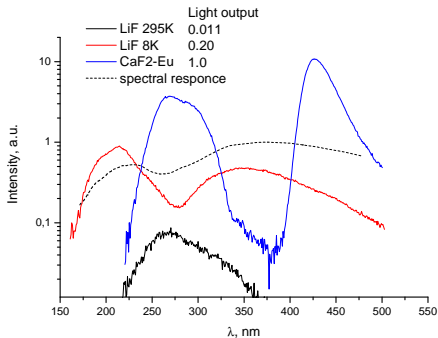
Все измеренные кристаллы ранее отобраны как бескислородные, т. е. не имеющие видимого свечения при возбуждении ультрафиолетовым светом, а также не имеющие существенных полос поглощения в области вакуумного ультрафиолета.



Сравнение спектров LiF и CaF₂-Eu



Корректировка на спектральную чувствительность



Спектральная чувствительность установки и скорректированные спектры свечения кристаллов LiF и CaF₂-0.1%EuF₃ при рентгеновском возбуждении. Указана суммарная интенсивность спектров свечения.



Корректировка на неполное поглощение рентгеновского излучения

Кристаллы фтористого лития и кальция имеют существенно различающиеся плотности, которые равны 2.635 г/см³ и 3.18 г/см³ соответственно. Вследствие этого часть рентгеновского излучения не поглощается образцом кристалла фтористого лития, что приводит к уменьшению интенсивности его свечения относительно образца фтористого кальция, в котором значительная доля рентгеновского излучения поглощается. Оценить долю поглощённого рентгеновского излучения известной энергии в любом веществе можно по табличным данным (напр. Таблицы физ. величин [6]). Однако положение усугубляется тем, что спектр тормозного рентгеновского излучения зависит от конструкции трубки. Для того чтобы избежать ошибок расчётов, поглощённая доля излучения была измерена экспериментально. Приёмником излучения являлся кристалл ВаF₂-Се.

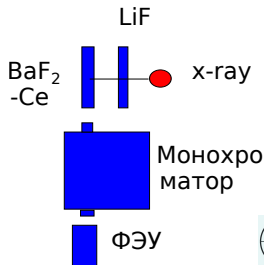


Корректировка на неполное поглощение рентгеновского излучения

Кристалл	I/I_0	$(I_0 - I)/I_0$
LiF (4.2 мм)	0.42	0.58
LiF(1.83 мм)	0.67	0.33

Ослабление излучения рентгеновской трубки (35 кВ, 1 мА) кристаллами фтористого лития

Кристаллы CaF_2 , SrF_2 , BaF_2 полностью поглощали рентгеновское излучение. Как следует из результатов таблицы К для LiF(1.8mm) равен 3.0



С учетом всех корректировок абсолютный световыход имеющихся кристаллов фтористого лития можно оценить следующим образом:
 $LY(LiF) = LY(CaF_2-Eu) * S_{LiF} / S_{CaF_2} * K$ Где LY – величина абсолютного световыхода, S – суммарная интенсивность спектра свечения, K – коэффициент, корректирующий неполное поглощение тормозного рентгеновского излучения во фтористом литии.
Получаем $LY(LiF) = 20000 * 0.2 * 3 = 12000$ фот/ МэВ



Следует заметить, что приведённая величина является оценочной и более точное значение абсолютного световыхода сцинтилляций фтористого лития можно получить путем измерения амплитудного спектра при низких температурах. Очевидной сложностью подобных измерений является помимо прочего большое время затухания свечения экситонов в кристаллах фтористого лития при низких температурах, равное 14 миллисекунд для длинноволновой полосы свечения и 1 миллисекунда для коротковолновой полосы [Rodny 1996], что потребует применения специальных методов регистрации сцинтилляционных импульсов.



Совместные измерения амплитудных спектров LiF при низких температурах

Низкотемпературный световыход NaF

Зависимость световыхода от уровня примесей LiF

Зависимость световыхода от примеси кислорода в LiF

Выяснения природы коротковолновой полосы при 215нм в LiF

