



Студенттер мен жас ғалымдардың
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2018»
XIII Халықаралық ғылыми конференциясы

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XIII Международная научная конференция
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2018»

The XIII International Scientific Conference
for Students and Young Scientists
«SCIENCE AND EDUCATION - 2018»



12th April 2018, Astana

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2018»
атты XIII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2018»**

**PROCEEDINGS
of the XIII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2018»**

2018 жыл 12 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2018» атты студенттер мен жас ғалымдардың XIII Халықаралық ғылыми конференциясы = XIII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2018» = The XIII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2018». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2018. – 7513 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-997-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-997-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2018

2. R.Sangeetha Rani, A. Lakshmanan, The role of anion and cation vacancies in the thermoluminescence and photoluminescence processes of $\text{BaSO}_4:\text{Eu}^{2+}$ // Journal of luminescence 174, 2016, P. 63-69.

3. E. van der Kolk, P. Dorenbos, A. P. Vink, R. C. Perego, and C. W. E. van Eijk Vacuum ultraviolet excitation and emission properties of Pr^{3+} and Ce^{3+} in MSO_4 (M=Ba, Sr, and Ca) and predicting quantum splitting by Pr^{3+} in oxides and fluorides // Physical review b, volume 64, 2001, P. 1-12. DOI: 10.1103/PhysRevB.64.195129.

УДК. 539.67:539.374

ГЛУБИННЫЙ ПРОФИЛЬ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ LiF ОБЛУЧЕННЫХ БЫСТРЫМИ ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

Сейтбаев Айбек Самгуллаулы¹, Баубекова Гулдар Мусалиевна¹, Кудайбергенова Сауле Женисбаевна², Ускенбаев Ерлан Багдатович³

¹Докторант 1 курса, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Магистрант 1 курса ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

³Студент 4 курса ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – А. Даулетбекова, А. Акилбеков

Введение

Быстрые ионные пучки предоставляют большие возможности для обработки твердых тел и могут быть использованы для модификации их структуры, электронных, оптических, механических и других свойств.

Значительные эффекты модификации в кристаллах LiF наблюдаются в условиях интенсивного облучения, обеспечивающих перекрытие ионных треков и образование сложных центров окраски, дефектных агрегатов и расширенных дефектов, поверхностных и объемных наноструктур [1-5]. Среди сложных центров окраски F_2 и F_3^+ агрегатные центры являются доминирующими в LiF, облученных быстрыми тяжелыми ионами (БТИ) при высоком флюенсе и флюксе [2], в то время как ионно-индуцированные призматические дислокационные петли обнаруживаются как основные расширенные дефекты, возникающие при облучении при комнатной температуре [5]. Знание и понимание сложных явлений эволюции структуры на стадии агрегации имеют большое значение для развития технологических применений LiF (лазерных центров окраски, дозиметрии и т.д.). Были предложены новые возможности исследования повреждений на поперечных сечениях вдоль ионной траектории. В них содержится информация об особенностях повреждений при вариации потери энергии и вариации вклада механизмов электронных возбуждений упругих столкновений (ядерные) [6-8].

В данной работе были проанализированы глубинные профили агрегатных электронных центров окраски и в кристаллах LiF, облученных ионами ^{40}Ar , ^{84}Kr и ^{12}C при различных флюенсах. Поведение сложных центров окраски (ЦО) (F_2 и F_3^+) характеризовалось с помощью люминесцентной спектроскопии [7, 8].

Материалы и методы

Для экспериментов использовались кристаллы LiF высокого качества, выращенные из расплава в инертной атмосфере. Пластинки LiF размером 10×10 мм² и толщиной около 1 мм, сколотые вдоль плоскости (001), облучались на циклотроне DC-60 (Астана, Казахстан) ионами 33,8 МэВ ^{84}Kr , 56 МэВ ^{40}Ar и 11,8 МэВ ^{12}C . Толщина образцов для всех облучений была существенно больше, чем длина пробега иона (R). Облучения проводились при комнатной температуре до флюенсов от 10^{10} до 10^{15} ион/см². Плотность тока ионного пучка составляла 10 нА/см², что достаточно низко для эффектов нагрева мишени. Глубина проникновения иона и потери энергии были рассчитаны кодом SRIM 2013.

Конфокальный микроскоп LCSM NTEGRA Spectra использовался для получения спектров фотолюминесценции с глубокой разрешающей способностью F_2 и F_3^+ центров окраски. В качестве источника возбуждения использовался лазер с длиной волны 473 нм. Чтобы предотвратить повреждение образцов LiF, был установлен непрерывно изменяемый ND-фильтр с диапазоном 1-0,001 на минимальное значение, чтобы ограничить выходную мощность лазерного источника. Пьезоплатформа XYZ микроскопа позволила сканировать область до 100×100 мкм в плоскости X-Y и до 7 мкм в направлении Z с минимальным шагом 0,01 мкм. Пространственное разрешение для плоскости X-Y измерили стандартной калибровочной решеткой TGS-1 с квадратным профилем и определили примерно в 0,3 мкм. Каждый образец облученных кристаллов был установлен на платформе XYZ с направлением проникновения ионов параллельно оси X и сканировался вдоль ионного пути с шагом 0,33 мкм. Сканирование выполнялось по оси Y с шагом 1 мкм, а затем результаты были усреднены.

Результаты и обсуждение

Для всех исследованных ионов электронные потери энергии в LiF не превышают порога 10 кэВ/нм для формирования сердцевины (core) трека (рис. 1), поэтому треки состоят из следа простых и агрегированных центров окраски вместе с дополнительными дырочными центрами [1]. F_2 и F_3^+ ЦО, очень близкие по спектру оптического поглощения (полоса 445 нм), могут быть точно различены измерениями люминесценции [7, 8]. Спектр излучения фотолюминесценции (ФЛ) имеет два пика при 670 нм (F_2) и 530 нм (F_3^+). В качестве примера показана люминесценция LiF, облученного ионами 33,6 МэВ ^{84}Kr при различных флюенсах, (рис.2).

Полученные с поперечного сечения данные интенсивности люминесценции, связанные с F_2 и F_3^+ ЦО для всех исследованных ионов, представлены на рис.3. Максимальная глубина, с которой наблюдается сигнал люминесценции, почти совпадает с пробегом ионов, рассчитанных программой SRIM, и с глубиной поврежденной зоны.

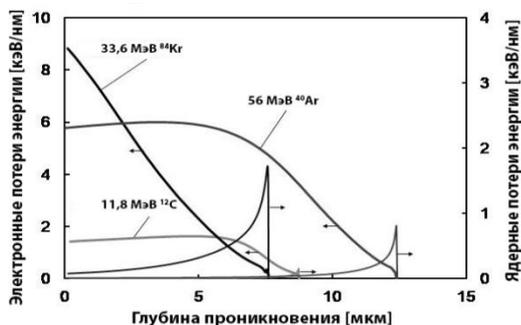


Рисунок 1. Электронные (сплошная линия) и ядерные (пунктирная линия) потери энергии ионов ^{84}Kr , ^{40}Ar и ^{12}C в LiF, рассчитанные с помощью SRIM.

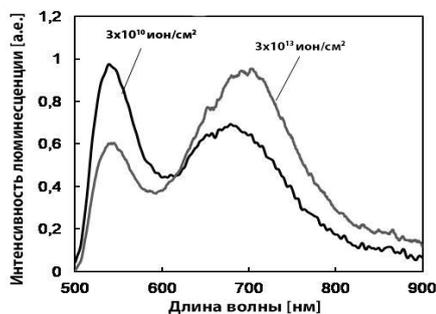


Рисунок 2. Зависимость нормированной интенсивности ФЛ F_3^+ (530 нм) и F_2 (670 нм) центров для LiF, облученного ионами 33,6 МэВ ^{84}Kr при различных флюенсах. Возбуждение проводилось лазером с длиной волны 473 нм.

Сигнал ФЛ при сравнительно низких флюенсах, когда формируются преимущественно отдельные ионные треки, постепенно увеличивается и коррелирует с электронными потерями энергии по глубине профиля (рис. 3). Как известно, концентрация центров окраски F-типа во фториде лития определяется энергией, запасенной в электронной подсистеме. Следовательно, при низких флюенсах в нашем исследованном диапазоне энергий ионов обнаружена эмиссия, связанная с ЦО F_3^+ и F_2 вблизи поверхности, где максимальны электронные потери энергии. Поэтому выход люминесценции продолжает увеличиваться в любой точке облучаемого слоя до тех пор, пока поглощенная доза не достигнет уровня, когда нерадиационный распад возбужденных состояний в центрах окраски будет доминировать над радиационными переходами. Поэтому при более высоких

флюенсах, когда ионные треки перекрываются, сигнал ФЛ смещается в область конца пробега, свидетельствуя о значительном вкладе ядерных потерь энергии в формирование агрегатных центров окраски. Основной особенностью является затухание интенсивности люминесценции, которая начинается при высоких флюенсах (около 10^{13} ион/см²), когда ионные треки сильно перекрываются. Затухание ФЛ при облучении высоким флюенсом согласуется с более ранними результатами по ФЛ LiF, облученного БТИ [9], а также с измерением концентрации ЦО (F и F2) с помощью оптической абсорбционной спектроскопии [10]. Предлагаются различные объяснения этого эффекта; однако его механизм не полностью ясен.

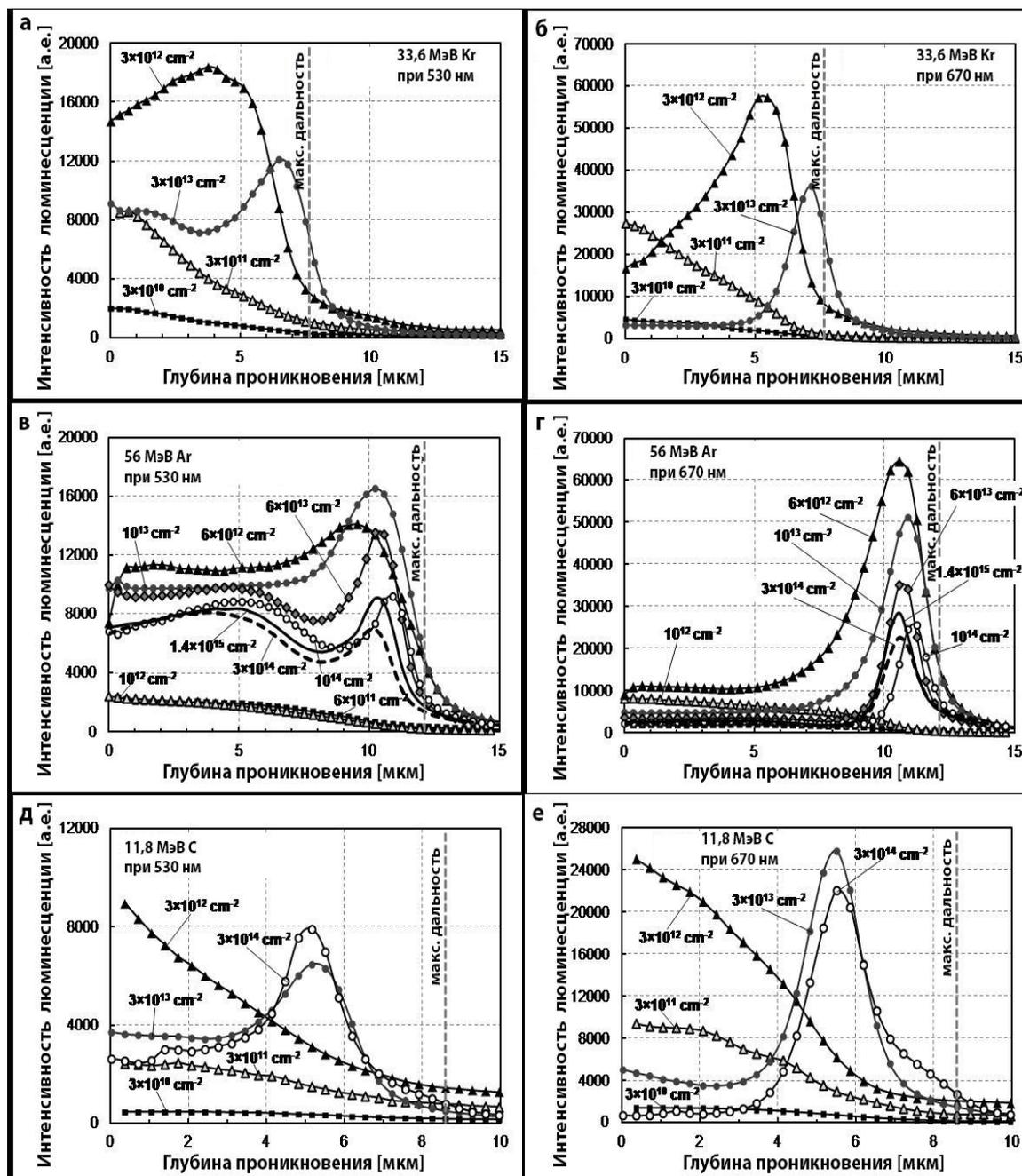


Рисунок 3. Зависимость интенсивности люминесценции при 530 нм и 670 нм от глубины профиля для образцов, облученных ионами ⁸⁴Kr (а, б), ⁴⁰Ar (в, г) и ¹²C (д, е). Конец трека отмечен пунктирной линией

Основными воздействием на создание агрегатных ЦО при низких флюенсах являются взаимодействие центров F-типа с анионными вакансиями и соответствующими процессами обмена заряда [2, 7]. Эффекты напряжений также наблюдаются при образовании агрегатных ЦО [8].

В условиях перекрытия треков, ионы попадают в предварительно облученные области, где создаются новые радиационные дефекты, а также различные структурные превращения (агрегация или разложение, создание или рекомбинация и т.д.) в системе уже существующих дефектов [11, 12]. Наблюдаемое затухание интенсивности ФЛ F_2 и F_3^+ агрегатных ЦО в конце трека может быть связано с образованием нелюминесцентных агломератов путем сегрегации агрегатных ЦО на ионно-индуцированных дислокациях в качестве ловушек для радиационных дефектов и здесь важна активирующая роль локального поля напряжений с расширенными дефектами в таких преобразованиях.

Благодарности: А. Даулетбекова, Акилбеков А.Т., А. Сейтбаев, Баубекова Г.М. и С. Кудайбергенова выражают благодарность Министерству образования и науки Республики Казахстан за грант (AP05134257).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Schwartz K., Trautmann C., Steckenreiter T., Geiß O., Krämer M. Damage and track morphology in LiF crystals irradiated with GeV ions // *Phys. Rev.* - 1998. - В. 58. - P. 11232-11240.
2. Thevenard P., Perez A., Davenas J., Dupuy C.H.S. Coloration of LiF by 56 MeV α -particles and 28 MeV deuterons. II. F_2^+ centre evolution // *Phys. Stat. Sol.* - 1972. (a) 10. - P. 67-72.
3. Toulemonde M., Trautmann C., Balanzat E., Hjort K., Weidinger A. Track formation and fabrication of nanostructures with MeV-ion beams // *Nucl. Instr. Meth.* - 2004. - В. 216. -P. 1-8.
4. Maniks J., Manika I., Zabels R., Grants R., Tamanis E., Schwartz K. Nanostructuring and strengthening of LiF crystals by swift heavy ions: AFM, XRD and nanoindentation study // *Nucl. Instr. Meth.* - 2012. - В. 282. - P. 81-84.
5. Zabels R., Manika I., Schwartz K., Maniks J., Grants R. MeV–GeV ion induced dislocation loops in LiF crystals // *Nucl. Instr. Meth.* - 2014. - В. 326. - P. 318-321.
6. Perez A., Balanzat E., Dural J. Experimental study of point defect creation in high-energy heavy-ion tracks // *Phys. Rev.* - 1990. - В. 41. - P. 3943-3950.
7. Skuratov V.A., Jong Gun Kim., Stano J., Zagorski D.L. In situ luminescence as monitor of radiation damage underswift heavy ion irradiation // *Nucl. Instrum. Methods* - 2006. - В. 245. - P. 194-200.
8. Skuratov V.A., Kirilkin N.S., Kovalev Yu.S., Strukova T.S., Havanscak K. Depth-resolved photo- and ionoluminescence of LiF and Al_2O_3 // *Nucl. Instr. Meth.* - 2012. - В. 245. - P. 194-200.
9. Oliver W.C., Pharr G.M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments // *J. Mater. Res.* - 1992. - В. 7. - P. 1564-1583.
10. Dauletbekova A., Schwartz K., Sorokin M.V., Baizhumanov M., Akilbekov A., Zdorovets M. Energy loss effect on color center creation in LiF crystals under irradiation with ^{12}C , ^{14}N , ^{40}Ar , ^{84}Kr , and ^{130}Xe ions // *Nucl. Instr. Meth.* - 2015. - В. 359. - P. 53-56.
11. Zinkle S.J., Skuratov V.A. Track formation and dislocation loop interaction in spinel irradiated with swift heavy ions // *Nucl. Instr. Meth.* - 1998. - В. 141. - P. 737-746.
12. Skuratov V.A., Abu-AlAzam S.M., Altynov V.A. (1 - 3) MeV/amu heavy ion irradiation effects on optical properties of Al_2O_3 // *Mater. Sci. Forum* - 1997. - В. 248-249. - P. 399-403.