

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ BaFBr ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ КСЕНОНА

Кенбаев Дауржан Хаджимуратович¹, Карипбаев Жакып Тлеубаевич², Исаханов Арман Кайратович³

edu.kdx@yandex.kz

¹Докторант 2 курса специальности «8D05323 – Техническая физика», ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

²И.о. доцента кафедры «Техническая физика», ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

³Магистрант 2 курса специальности «7M05323 – Техническая физика», ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Даулетбекова А.К.

Введение

Наиболее известным на сегодняшний день рентгеновским накопительным люминофором является BaFBr с примесью Eu^{2+} в качестве активатора [1]. Несмотря на многочисленные попытки понять процессы хранения и считывания информации, полного понимания пока все же не достигнуто [2-5]. Более низкое пространственное разрешение коммерчески используемых запоминающих пластин (IP – imaging plate) на основе BaFBr частично обусловлено матлокитовой структурой кристаллитов в накопительном слое люминофора. В процессе считывания стимулирующий свет рассеивается не только из-за различных показателей преломления органического связующего и кристаллитов люминофора, но также из-за статистического распределения кристаллитов на экране (см. рисунок 1). Оптически изотропные кристаллы, такие как, например, кубические щелочные галогениды, возможно, минимизируют эффекты рассеяния в накопительном слое люминофора. Таким образом, трудно найти оптически изотропные материалы для хранения люминофора, которые имеют те же характеристики, что и BaFBr с примесью европия.

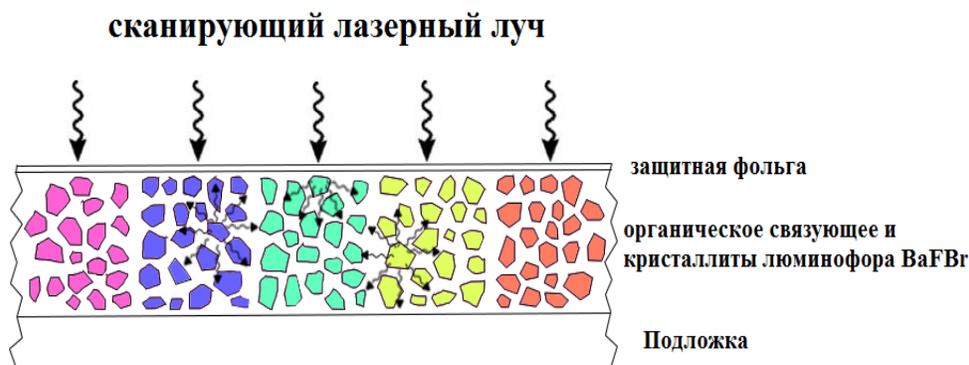


Рисунок 1 – Схема работы сканирующего лазерного луча в ходе считывания с запоминающей пластины (IP) на основе кристалла BaFBr.

Кристалл ВаFBr, имеет матлокитовую структуру, которая схожа по физическим свойствам со структурой типа PbFCl, к данному типу структуры относятся также кристаллы: ВаFCl, ВаFI, SrFCl и т.д. Фторбромид бария состоит из слоев в последовательности F⁻-Ва²⁺-Br⁻-Br⁻-Ва²⁺-F⁻ перпендикулярно оси с. Кристалл имеет тетрагональную пространственную симметрию, группы P4/nmm с плотностью 4,9 г/см³. Более детально структура кристалла ВаFBr представлена на рисунке 2.

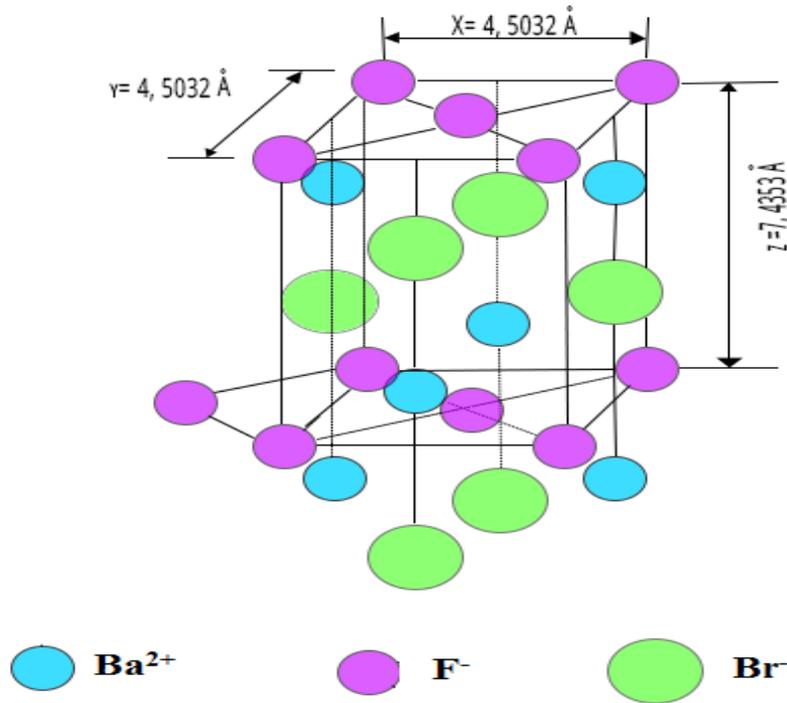


Рисунок 2 – Структура кристалла ВаFBr

В данной работе рассматривается фотолюминесценция кристаллов ВаFBr облученных ионами ксенона с энергией 1,75 МэВ/нуклон до флюенсов: 10^{10} - 10^{12} ион/см² при комнатной температуре.

Экспериментальная часть

Монокристаллы ВаFBr были получены на установке ОКБ-8093 (Редмет-8). В качестве материала для изготовления нагревательных узлов и тиглей применялся графит. Работы по получению монокристаллов ВаFBr велись методом Штебера [6,7], что предполагает наличие более благоприятных тепловых условий. Метод Штебера значительно упрощает процесс выращивания по сравнению с методом Бриджмена - Стокбаргера. Шихта, состоящая из необходимой смеси фторидов и бромидов бария, загружалась в графитовый тигель. Исходными реактивами были: ВаF₂ и ВаBr₂ · 2H₂O. Исходный реактив помещался в графитовом тигле в

установку. Производилась откачка камеры до 1,3 кПа и содержимое плавно нагревалось до температуры 500°C в нижней части тигля после чего камера заполнялась гелием. Осушенный бромид бария расплавлялся, после остывания производилось взвешивание и добавлялось необходимое количество фторида бария с тем, чтобы состав соответствовал реакции:



Через некоторое время добавлялся фторид, и процедура осушки в вакууме повторялась, при этом период исключения остатков воды сокращался до 3-4 часов. После описанных выше операций, камера заполнялась гелием до давления 111,5 кПа и содержимое плавно нагревалось до температуры 500°C. Подготовленные для эксперимента образцы в форме пластинок были изготовлены в виде плоскопараллельных пластинок из выращенных кристаллов люминофора BaFBr путем скалывания по плоскости спайности перпендикулярно кристаллографической оси с. Облучение проводилось на ускорителе тяжелых ионов ДЦ-60 (Нур-Султан, Казахстан) ионами ^{130}Xe с удельной энергией 1,75 МэВ/нуклон. Облучение проводили при комнатной температуре, при флюенсах от 10^{10} до 10^{12} ион/см². Спектры люминесценции облученных кристаллов измерялись с помощью спектрофлуориметра СМ 2203 (SOLAR, Беларусь). Спектрофлуориметр используется для ультрафиолетовой и видимой области спектра, обеспечивает высокочувствительные и стабильные измерения спектров возбуждения и люминесценции.

Результаты и обсуждение

На графиках показаны спектры возбуждения и люминесценции кристаллов BaFBr (рис. 3, 4), облученных ионами ^{130}Xe до различных флюенсов при T=300 К. Справедливо отметить, что с увеличением флюенса с 10^{11} до 10^{12} ион/см² увеличивается интенсивность фотолюминесценции.

При оптическом возбуждении кристаллов спад и медленное увеличение интенсивности возможно обусловлена перезарядкой. Полоса люминесценции с пиком при 473 нм при возбуждении светом длиной волны 280 нм в кристаллах BaFBr, обусловлена центрами O_{F}^{2-} .

ЭПР-исследования в работе [8] на ^{17}O -легированном в кристалл BaFBr показали, что существуют различные примеси кислорода, которые отнесены к $\text{O}_{\text{Br}}^{2-}$, O_{F}^{2-} , а также O_{2}^{2-} на неопределенном участке решетки. Отметим, что для компенсации заряда необходима анионная вакансия. Изучение генерации центров окраски: F центров, O^- центров и $\text{V}_{\text{к}}$ центров при низких температурах с использованием магнитооптических и ЭПР методов показало, что эти вакансии являются Br^- вакансиями [9,10,11].

Ионизирующее облучение при температурах ниже T=120 К создает центры $\text{V}_{\text{к}}(\text{Br}_2^-)$ и F(Br⁻), причем бромные центры окраски находятся вблизи центров O_{F}^{2-} . При температуре выше T=120 К центры $\text{V}_{\text{к}}(\text{Br}_2^-)$ становятся подвижными и вступают в реакцию с центрами O_{F}^{2-} и образуют дырочные ловушки O_{F}^- . При температурах выше 200 К центры F(Br⁻) могут рассеиваться и изолироваться [12,13].

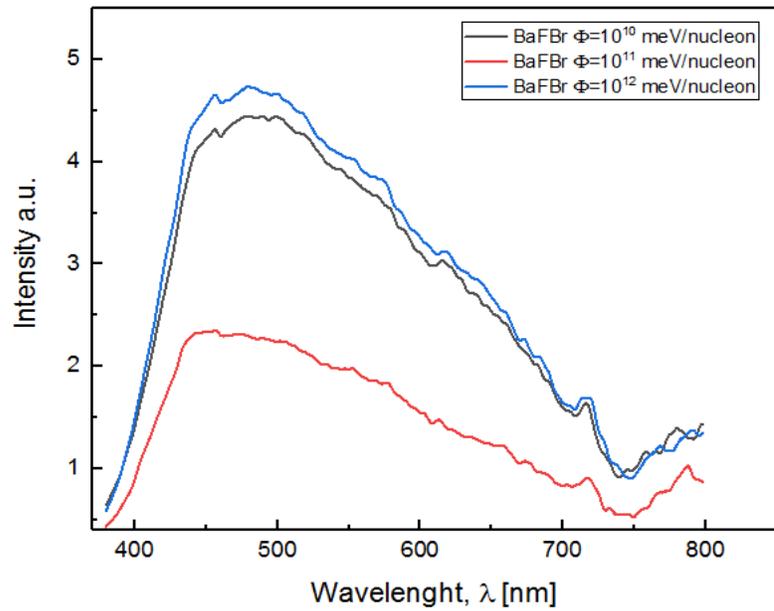


Рисунок 3 – Спектр люминесценции кристаллах ВаFBr облученных ионами ^{130}Xe , $\Phi=10^{10}\text{-}10^{12}$ ион/см 2 при температуре 300 К.

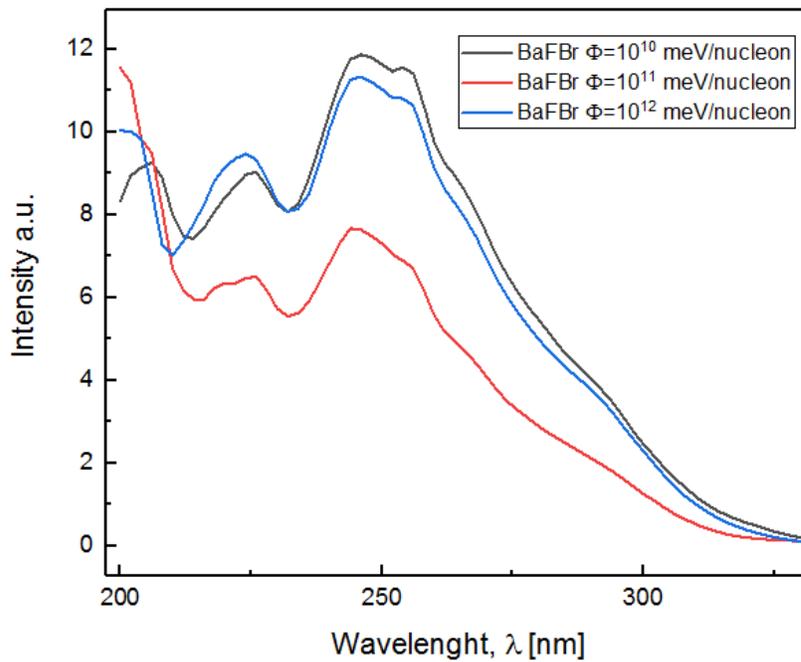
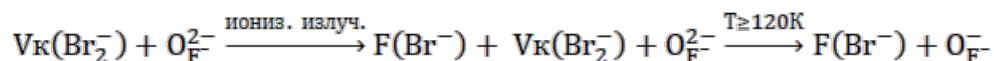


Рисунок 4 – Спектр оптического возбуждения кристаллов ВаFBr облученных ионами ^{130}Xe , 1,75 МэВ/нуклон при 300К.

Магнитный изотоп кислорода ^{17}O имеет ядерный спин $I=5/2$ и, следовательно, расщепляется на шесть линий. Изотопное замещение ^{17}O на ^{16}O доказало, что дефектный центр, образующийся при рентгеновском облучении BaFBr , обусловлен загрязнением кислородом [12]. Генерирование центров $\text{F}(\text{Br}^-)$ становится понятным из процессов:



Таким образом, генерация бромных центров окраски $\text{F}(\text{Br}^-)$ в загрязненном кислородом кристаллах BaFBr понятна, тогда как механизм, полностью объясняющий генерацию $\text{F}(\text{F}^-)$ центров, остается все еще неисчерпывающим.

Список использованных источников

1. M. Sonoda, M. Takano, J. Miyahara, and H. Kato // Radiology vol. 148, P. 833.
2. J.M. Spaeth, Th. Hangleiter, F.-K. Koschnick, and Th. Pawlik // Radiat. Eff. Defects Solids vol. 135, 1995, P. 499.
3. A.R. Lakshmanan // phys. stat. sol. (a) vol.153, 1996, P. 3-27.
4. H. von Seggern, Braz // J. Phys. vol. 29, 1999, P. 254.
5. J.M. Spaeth // Proc. ICDIM 2000, Johannesburg-Midrand (South Africa) 2000, to be published in Radiat. Eff. Defects Solids.
6. Козлова О.Г., Рост и морфология кристаллов // М.: изд. МГУ, 1972.
7. Вильке К.Т., Методы выращивания кристаллов // Л.: Недра, 1968.
8. T.J. Bastow, S.N. Stuart, W.G. Mcdugle, R.S. Eachus, and J.M. Spaeth // J. Phys.: Condens. Matter 6, 1994, P. 8633.
9. F.K. Koschnick // Doctoral Thesis, Paderborn 1991.
10. R. S. Eachaus, F.K. Koschnick, J.M. Spaeth, R.H.D. Nuttall, and W. G. Mcdugle // Proc. Internat. Conf. Defects in Insulating Materials, Nordkirchen (Germany), Eds. O. Kanert and J.M. Spaeth, World Scientific, Singapore 1993, P. 267.
11. R. S. Eachaus, R. H. D. Nuttall, W. G. Mcdugle, F.K. Koschnick, and J.M. Spaeth // IBID, P. 1172.
12. R. S. Eachaus, W. G. Mcdugle, R.H.D. Nuttall, M. T. Olm, F.K. Koschnick, Th. Hangleiter, and J.M. Spaeth // J. Phys.: Condens. Matter 3, 1991, P. 9327-9339.
13. F.K. Koschnick, J.M. Spaeth, R.S. Eachaus, W.G. Mcdugle, and R.H.D. Nuttall // Phys. Rev. Lett. 67, 1991, P. 3571.