



Volume 3, Issue 3, 2021

# Journal of Physics and Technology Education



<https://phys-tech.jspi.uz/>

**Chief Editor:**

**Sharipov Shavkat Safarovich**

Doctor of pedagogy, Professor, Rector of  
Jizzakh State Pedagogical Institute, Uzbekistan

**Deputy Chief Editor:**

**Bekmirzaev Rakhmatulla Nurmurodovich**  
Professor of Jizzakh State Pedagogical Institute,  
Uzbekistan

**Orishev Jamshid Bahodirovich**  
Teacher of Jizzakh State Pedagogical Institute,  
Uzbekistan

**Members of the editorial board:**

**Sodikov Khamid Makhmudovich**, PhD  
**Ismailov Tuychi Djabbarovich**, senior teacher  
**Muminov Ismail**, dotsent  
**Kholmatov Pardaboy Karabaevich**, dotsent  
**Umarov Rakhim Tojievich**, dotsent  
**Murtazaev Melibek Zakirovich**, dotsent  
**Abduraimov Sherali Saidkarimovich**, PhD  
**Taylanov Nizom**, senior teacher  
**Tagaev Khojamberdi**, senior teacher

**Editorial Representative:**

**Jamshid Orishev**

Phone: +998974840479

e-mail: [orishev-forish@inbox.uz](mailto:orishev-forish@inbox.uz)

[jamshidorishev@gmail.com](mailto:jamshidorishev@gmail.com)

**ONLINE ELECTRONIK  
JOURNAL**

“Fizika va texnologik ta’lim” jurnali  
Jurnal “Физико-технологического  
образование”

“Journal of Physics and Technology  
Education”

**Indexed By:**



**Published By:**

<https://phys-tech.jspi.uz/>  
Jizzakh State Pedagogical  
Institute, Uzbekistan





## СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА

*Мустафакулов Асрор Ахмедович, Ахмаджонова УмидаТажимуродовна,  
Жураева Насиба Мардиевна, Арзикулов Фазлиддин Фахриддин ўгли*  
Джизакский политехнический институт, Джизак, Узбекистан  
e-mail: [asrormustafakulov@gmail.com](mailto:asrormustafakulov@gmail.com)

**Аннотация:** Исследована кинетика полос гаммалюминесценции (ГЛ) в кристаллах кварца выращенных на затравках облученных нейтронами дозой  $5 \cdot 10^{18}$ ,  $10^{19}$  и  $5 \cdot 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> после дополнительного нейтронного облучения  $10^{16}$ - $8 \cdot 10^{20}$  н/см<sup>2</sup> в области температур 77-300 К.

**Ключевые слова:** кварц, затравка, радиация, нейтрон, гамма облучения, спектр, люминесценция, зародыш фазы, полоса.

\*\*\*

**Аннотация:**  $5 \cdot 10^{18}$ ,  $10^{19}$  и  $5 \cdot 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> дозада нейтронлар билан нурлантирилган затравкаларда ўстирилган кварц кристалларини қўшимча равишда  $10^{16}$ - $8 \cdot 10^{20}$  н/см<sup>2</sup> дозада нурлантирилгандан сўнг 77-300 К ҳарорат оралигида гаммалюминесценцияси (ГЛ) текишилган.

**Таянч сўзлар:** кварц, затравка, нурланиш, нейтрон, гамма нурланиш, спектр, люминесценция, фаза зародиши, полоса.

\*\*\*

**Abstract:** The kinetics of gamma-ray luminescence (HL) bands in quartz crystals grown on seeds irradiated with neutrons at a dose of  $5 \cdot 10^{18}$ ,  $10^{19}$ , and  $5 \cdot 10^{19}$  n / cm<sup>2</sup> after additional neutron irradiation of  $10^{16}$ - $8 \cdot 10^{20}$  n/cm<sup>2</sup> in the temperature range of 77-300 K.

**Keywords:** quartz, seed, radiation, neutron, gamma irradiation, spectrum, luminescence, phase embryo, band.

**Введение:** Фундаментом современной науки и техники является получение материалов с прогнозируемыми свойствами. В связи с этим большое внимание уделяется к вопросам, связанных с синтезом и ростом кристаллических веществ. Искусственный кварц широко используется в современных оптических приборах. Из него делают призмы для спектрографов, монохроматоров, линзы для ультрафиолетовой оптики. Пьезокварц по прежнему остается важным радиотехническим материалов, из которого изготавливают пьезоэлектрические стабилизаторы частоты, фильтры, резонаторы, пьезопластинки в ультразвуковых установках. Без синтетического кварца не было бы радиоэлектронной аппаратуры, кварцевых часов, последних моделей телевизоров. Красивые искусственные самоцветы – аметисты, цитрины, морионы – родословную которых не определит и

опытный ювелир, своим рождением тоже обязаны бесцетному кварцу. Кристаллы кварца обладают пьезоэлектрическим свойством: находясь в переменном электрическом поле, они начинают “вибрировать”, причем с очень стабильной частотой. Кварцевая пластина стала необходимой деталью высостабильного генератора высокой частоты – важного устройства радиотехники и электроники в технике связи. Потребность в таких генераторах увеличивалась, спрос на кристаллы кварца быстро возрастал. Тогда еще выяснилось, что совершенных-сверчистых и абсолютно правильного строения – кристаллы кварца в природе не так уж много, по существу, нет. Даже идеальные на первый взгляд природные кристаллы имеют дефекты, и это ограничивает возможность их использования в радиоаппаратуре. Но выращенные кристаллы на автоклавах оказались высокого качества, с совершенно одинаковыми свойствами. Изучив различные кварцевые месторождения, создается в автоклаве оптимальные условия для синтеза, скорость роста кристаллов довольно высокая, может достигать 1 мм в сутке [1]. Сперва исходное сырье в щелочном растворе разрушается до молекулярного состояния, затем из молекул кремнезема создаются совершенные кристаллы. Их выращивают на специальных затравках, помещенных в автоклав. Успех синтеза определяет не только затравка, но и условия процесса: температура, давление, пересыщение, концентрация исходного раствора щелочи. Для синтеза обязательен перепад температур: внизу автоклава раствор должен быть горячее, чем вверху. Тогда возникает конвективный перенос вещества: горячие потоки кремнезема как более легкие поступают наверх к затравочным пластинам и оседают на них.

Автоклав заполняется водным раствором щелочи, по высоте разделен диафрагмой на две камеры. С помощью отверстий в диафрагме регулируется движение восходящих и нисходящих потоков раствора. В нижней камере помещается “корзина” с исходным кварцевым сырьем. В верхней – рамки с подвешенными на них затравочными пластинами. Число пластин достигает нескольких сотен штук. Раствор нагревают так, чтобы между камерами создавался перепад температур (разница около 25°C). В результате плотность раствора становится неодинаковой. Горячие потоки растворенного кремнезема поступают как более легкие наверх, к затравочным пластинам, оседая на них. Так начинается рост кристаллов кварца. Синтез идет при температуре примерно 400°C и давлении-около 1000 атмосфер [2].

Данная работа посвящена выращиванию и исследованию кристаллов кварца на облученных затравках с целью получения новых

кристаллических веществ с заданными структурными и радиационно - оптическими характеристиками.

**Методика эксперимента:** Кристаллы кварца выращены в Российском Научно-исследовательском институте минерального сырья (РНИИСИМС, г. Александров) в стальных автоклавах под давлением 100 МПа в 3 % растворе NaOH методом “температурного градиента” при  $340 \pm 10^0$  С (рис.1). Затравки были облучены нейтронами дозой  $10^{16}$ - $8 \cdot 10^{20}$  н.см<sup>-2</sup> (ядерный реактор ВВР-СМ, Институт ядерной физики АН РУз). Образцы- кристаллы кварца были предварительно облучены  $\gamma$ -лучами на ядерно-физической установке Института ядерной физики АН РУз (гамма установка, источник Co 60). Фото- гаммалюминесценция (ФЛ, ГЛ образцов измерялись на спектрофотометрах «Spectord UV-Vis» фирмы «CARL ZEISS» (Германия). Исследование ГЛ проводились на гамма- установке ИЯФ АН РУз. Спектры ГЛ снимались на установке, где основным элементом являлся спектрограф SPM-2 фирмы «CARL ZEISS», на выходе которого стоял фотоэлектрический усилитель сигналов (ФЭУ-106), в диапазоне 200-900 нм. Это позволило регистрировать свечение в области 300-900 нм. Спектры фотолюминесценции (ФЛ) и их оптического возбуждения в области от 200 до 800 нм измерялись на установке, собранной на базе мощной ксеноновой лампы, монохроматором МДР-12 (ЛОМО). Термическая (до 650 К) и фототермическая обработка, запись спектров ФЛ при различных температурах производились на установке, созданной на базе монохроматора SPM-2.

**Результаты исследований и обсуждение:** В [3] сделано предположение, что свечение при 490 нм является собственным и возникает за счет излучательного распада экситонов образованных рекомбинационным путем подходом автолокализованных дырок к электронным центрам. Проведенные исследования кинетики полос ГЛ в области 77-300 К в необлученных и облученных дозами нейтронов (рис.2)  $5 \cdot 10^{16}$ - $3,5 \cdot 10^{20}$  н/см<sup>2</sup>, протонов  $10^{14}$ - $10^{17}$  р/см<sup>2</sup> чистых и примесных (Al, Fe, Co, Ga, Ge) кристаллах, а также в кристаллах, подвергнутых высокотемпературной электрообработке на воздухе показывает, что интенсивность полосы 490 нм зависит от типа дырочных ловушек [4]. Показано, что в области 77-200 К в кристаллах, облученных до 2-1020 н/см<sup>2</sup> наблюдается полоса 490 нм. Ее интенсивность уменьшается с дозой облучения.



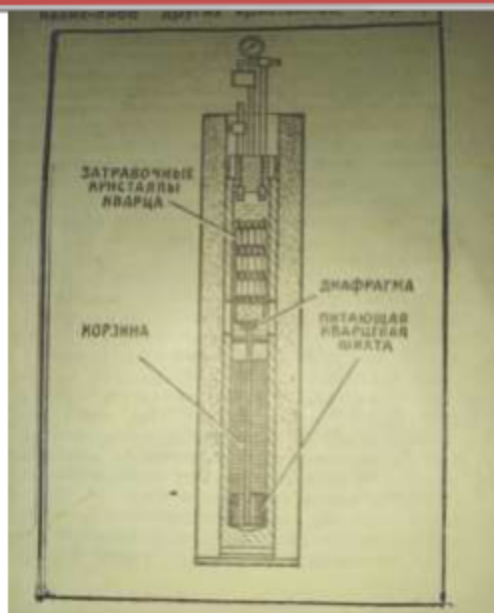


Рис.1. Схема автоклава, в котором выращивают кристаллы кварца.

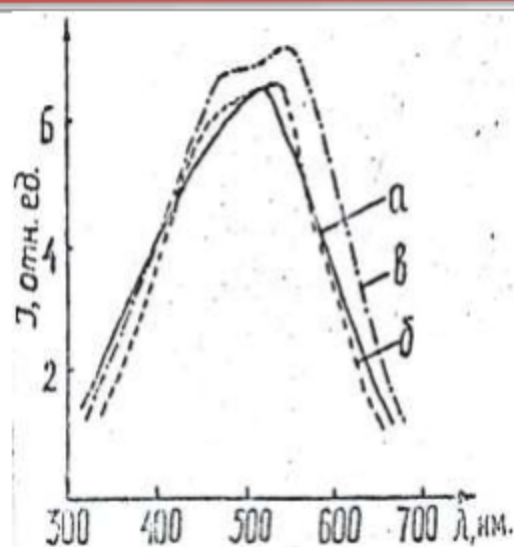


Рис.2. Спектр ГЛ кристалла, выращенного на нейтронно-облученной дозой  $5 \cdot 10^{18}$  н/см<sup>2</sup> затравке.

Это дает основание полагать, что уменьшение интенсивности полосы 490 нм после нейтронного облучения обусловлено увеличением вероятности захвата нерелаксированных дырок активаторами и нейтронного-наведенными дефектами структуры. Обнаружено, что при температурах выше 200 К в кристаллах, облученных до  $10^{17}$  н/см<sup>2</sup> появляются полосы 450 и 400 нм, а выше – возникают полосы с максимумами 550 и 660 нм. Интенсивности полос 550 и 660 нм увеличивается вплоть до  $10^{19}$  н/см<sup>2</sup>. Причем интенсивности полосы 660 нм при  $> 10^{18}$  н/см<sup>2</sup> выше чем 550 нм. Дальнейшее повешение дозы приводит к уменьшению их интенсивностей (рис.3). В кристаллах, облученных дозой  $2 \cdot 10^{20}$  н/см<sup>2</sup> полоса 550 нм исчезает и появляется полоса 460 нм, интенсивность которой почти не зависит от температуры.

В [5] показано, что полосы 550 и 460 нм соответственно обусловлены  $\beta$  - и метамиктной фазами кварца. Исследованы структуры и радиационно-оптические характеристики кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках методом ЭПР спектроскопии [6], на основе экспериментальных результатов сделано предположение, что центрами свечения при 550 и 660 нм являются соответственно пероксидные радикалы и немостиковые атомы кислорода, находящиеся на границах

раздела  $\alpha$  – и  $\beta$  – фаз кварца [7-9]. Тогда можно, считать, что увеличение интенсивности полосы 550 нм с дозой дополнительного нейтронного облучения обусловлено ростом концентрации  $\beta$  – фазы [6-9]. Уменьшение ее интенсивности после  $10^{19}$  н/см<sup>2</sup> [10-15], свидетельствует о том, что при этом наблюдается взаимодействие между зародышами  $\beta$  – фазы [16-18], которое обуславливает уменьшение количества  $\beta$  – фазы и увеличение метамиктной фазы кварца[19-20].

Уменьшение интенсивности полосы 660 нм с ростом количества метамиктной фазы не согласуется с данными [21], где предполагается, что ее интенсивность характеризует долю аморфной фазы в нейтронно-облученных кристаллах, поскольку немостиковые атомы кислорода стабильно существуют только в стеклообразном состоянии. Это обусловлено тем, что до дозы  $10^{19}$  н/см<sup>2</sup> в кристаллах кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках зародыши  $\beta$  – фазы обеспечивают стабилизацию немостиковых атомов кислорода[7,15,20]. При  $> 10^{19}$  н/см<sup>2</sup> взаимодействие между

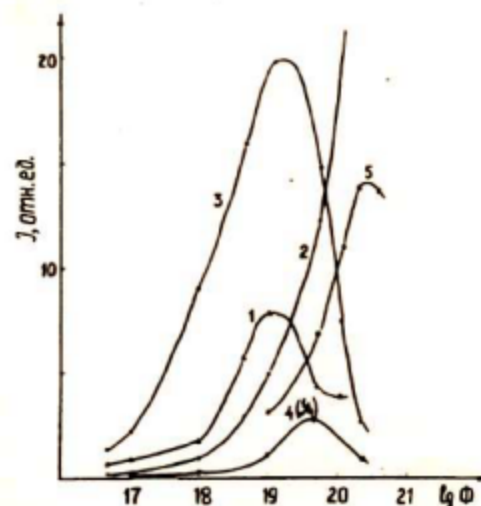


Рис.3. Зависимости интенсивностей полос ФЛ 550 (1), 660 (2), 840 нм (4) и ГЛ 660 (3), 460 нм (5) от флюенса нейтронов.

зародышами  $\beta$  – фазы приводит к уменьшению числа немостиковых атомов кислорода.

**Выводы:** На основе результатов исследований перераспределения интенсивностей полос фотолюминесценции при подсветке ( $\lambda_{\text{в}} = 300-340$  нм) без нагрева и с нагревом в интервале температур 300-720 К, зависимости интенсивностей полос люминесценций от флюенса нейтронов сделано предположение, что центрами свечения при 550 и 660 нм являются соответственно пероксидные радикалы и немостиковые атомы кислорода, находящиеся на границах раздела  $\alpha$ - и  $\beta$ - фаз кварца.

**Список литературы:**

1. Синтез минералов и экспериментальные исследования. Под.ред. А.А. Шапошникова, Ю.М. Путилина. М. “Недра”, 1981. 171 стр.
2. Самоцветы из Александрова., Ж. “Наука и жизнь. № 3 стр.33-38.
3. Гринфелдс Ф.У., Аболтынь Д.Э., Плеханов В.Г. ФТТ, 26,6 1777, 1984.
4. Мустафакулов, А. А., Нуритдинов, И., Самадов, М. Х., Астанов, Б., Тайланов, Н. А., Суярова, М. Х., ... & Наримонов, Б. А. (2018). Исследование аморфизации структуры кристаллов кварца при облучении люминесцентным методом. «Узбекский физический журнал», 20(2), 134-136.
5. Вахидов Ш.А., Гасанов Э.М., Ибрагимов Ж.Д. и др. ЖТФ, 55,9, 1837, 1985.
6. Mustafakulov, A. A., Axmadjonova, U. T., Djuraeva, N. M., & Suyarova, M. H. (2019). Paramagnetic resonance of lattice defects in neutron-irradiated  $\beta$ -phase quartz. *1 том*, 264.
7. Boboyarov, S. G., Ibragimov, Z. D., Mustafakulov, A. A., Nuritdinov, I., & Turdiev, R. T. (2007). About multivendoriness of luminescent centers near 2 eV in quartz crystals; O mnogotipichnosti tsentrov svecheniya vblizi 2 ehV v kristallakh kvartsa.
8. Мустафакулов, А. А., Нуритдинов, И., Ахмаджонова, У. Т., & Жўраева Н. М. (2020). Структура и свойства кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках. *Менделеев*, (2), 4-7.
9. Vakhidov S. (1987). Neutron irradiation influence on crystalline quartz structure and properties. *Cryst. lattice defects amorphous mater.*, 13(3), 241-244.
10. Арзикулов, Ф., Мустафакулов, А. А., & Болтаев, Ш. (2020). Рост Кристаллов Кварца На Нейтронно-Облученных Затравках. In *Приоритетные направления развития науки и образования* (pp. 139-152).
11. Вахидов, Ш. А., Гасанов, Э. М., Ибрагимов, Ж. Д., & Мустафакулов, А. А. (1984). Рентгеноструктурное исследование кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках. In *Докл. АН УзССР* (No. 4, pp. 27-29).
12. Ashurov, M. K., Boboyarova, S. G., Ibragimov, D. D., Mustafakulov, A. A., Turdiev, R. T., Khushvakov, O. B., & Yuldashev, A. D. (1997). About the dependence of defect production processes in perfect and defect quartz and berlinite crystals on radiation type.; O zavisimosti protsessov defektoobrazovaniya v sovershennykh i defektnykh kristallakh kvartsa, berlinita ot vida radiatsii.



13. Mustafaqulov, A. A. (1987). Research of luminescent properties of crystals of the quartz which has been brought up on neutron irradiated seeds. *book Action of nuclear radiations on materials. Tashkent: Fan*, 80-85.

14. Мустафакулов, А. А. (2020). Рост кристаллов кварца на нейтронно-облученных затравках. *Главный редактор: Величко Сергей Анатольевич, д-р техн. наук, 21(11), 4.*

15. Mustafaqulov, A. A., Sattarov, S. A., & Adilov, N. H. (2002). Structure and properties of crystals of the quartz which has been growth up on neutron irradiated seeds. In *Abstracts of 2. Eurasian Conference on Nuclear Science and its Application.*

16. Арзикулов, Ф., Баташев, С. А., Болтаев, Ш., Бочкова, Д. С., Гончарова, Т. В., Иванов, Д. В., ... & Ушаков, Е. В. (2020). Приоритетные направления развития науки и образования.

17. Мустафакулов, А. А., Маматкулов, Б. Х., & Уринов, Ш. С. (2019). Гидротермальный рост минерального сырья на нейтронно-облученных затравках. *Материалы VI Международной научно-практической VI Global science and innovations*, 133-135.

18. Мустафакулов, А. А., Туропов, У. У., & Маллаев, О. У. (2018). Научно-практич. журн. "Высшая школа" *Пьезоэлектрический эффект в выращенных кристаллах кварца*", (6), 30.

19. Хабибуллаев, П. К. (1985). О радиационной наследственности дефектов структуры в кристаллах кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках. *Журнал технической физики*, 55(9), 1837-1838.

20. Orishev, Jamshid (2021) "PROJECT FOR TRAINING PROFESSIONAL SKILLS FOR FUTURE TEACHERS OF TECHNOLOGICAL EDUCATION," *Mental Enlightenment Scientific-Methodological Journal: Vol. 2021 : Iss. 2 , Article 16.*

21. Mustafakulov, A. A., Axmadjonova, U. T., Djuraeva, N. M., & Suyarova, M. H. (2019). Paramagnetic resonanse of lattice defects in neutron-irradiated  $\beta$ -phase quartz. *1 TOM*, 264.

22. Ashurov, M. K., Boboyarova, S. G., Ibragimov, D. D., Mustafakulov, A. A., Turdiev, R. T., Khushvakov, O. B., & Yuldashev, A. D. (1997). About the dependence of defect production processes in perfect and defect quartz and berlinite crystals on radiation type.; O zavisimosti protsessov defektoobrazovaniya v sovershennykh i defektnykh kristallakh kvartsa, berlinita ot vida radiatsii.

23. Boboyarova, S. G., Ibragimov, J. D., Mustafakulov, A. A., & Turdiev, R. T. (1999). Influence of radiation induced defects on luminescence of quartz crystals.

24. Mustafakulov, A. A., & Mustafakulov, A. A. (2014). The quality of education and its provision in pedagogical educational institutions. *Young scientist.–Chita (Russia)*, (6), 65.

25. Мустафакулов, А. А., Нуритдинов, И., Ахмаджонова, У. Т., & Жўраева, Н. М. (2020). Структура и свойства кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках. *Менделеев*, (2), 4-7.

26. Мустафакулов, А. А., Ахмаджонова, У. Т., & Жўраева, Н. М. (2020). Инновационная технология-гидротермальный рост синтетического минерального сырья. *Экономика и социум*, (6), 924-927.

27. Ismailov T.J, Tagaev X, Kholmatov P.K, Yusupov K.Y, Alkarov K.Kh, Orishev Zh.B Karimov O.O. (2020). Cognitive-Psychological Diagram Of Processes Of Scientific And Technical Creativity Of Students. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(08), 3669-3677