



PROPERTIES OF QUARTZ CRYSTALS GREATED ON NEUTRON-IRRADIATED SEEDS

Mustafakulov Asror Akhmedovich ¹, Arzikulov Fazliddin Fakhriddin ugli ²
Kulanov Botir Yakhshibaevich ³, Saodullaev Abror Saypullaevich ⁴

^{1,2,3,4} Jizzakh Polytechnic Institute

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4730975>

ARTICLE INFO

Received: 20th April 2021

Accepted: 25th April 2021

Online: 30th April 2021

KEY WORDS

quartz, seed, radiation,
neutron, gamma
irradiation, spectrum,
luminescence, phase
nucleus, band.

ABSTRACT

The kinetics of gamma-luminescence (GL) bands in quartz crystals rotated on seeds irradiated with neutrons with a dose of 5-1018..1019 and 5-1019 n / cm² after additional neutron irradiation of 1016-8.1020n / cm² in the temperature range 77-300 K has been studied. in the region of 77-200 K, a band at 490 nm is observed in crystals irradiated to 2-1020 n / cm². Its intensity decreases with the radiation dose.

СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА ВЫРАЩЕННЫХ НА НЕЙТРОННО-ОБЛУЧЕННЫХ ЗАТРАВКАХ

Мустафакулов Асрор Ахмедович ¹, Арзикулов Фазлиддин Фахриддин угли ²
Куланов Ботир Яхшибаевич ³, Саодуллаев Аброр Сайпуллаевич ⁴

^{1,2,3,4} Джизакский политехнический институт

ИСТОРИЯ СТАТЬИ

Принято: 20 апреля 2021 г.

Утверждено: 25 апреля 2021 г.

Опубликовано: 30 апреля 2021 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

кварц, затравка,
радиация, нейтрон,
гамма облучения, спектр,
люминесценция, зародыши
фазы, полоса.

АННОТАЦИЯ

Исследована кинетика полос гаммалюминесценции (ГЛ) в кристаллах кварца выращенных на затравках облученных нейтронами дозой 5-1018..1019 и 5-1019 н/см² после дополнительного нейтронного облучения 1016-8.1020н/см² в области температур 77-300 К. Показано, что в области 77-200 К в кристаллах, облученных до 2-1020 н/см² наблюдается полоса 490 нм. Ее интенсивность уменьшается с дозой облучения.

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 сутки [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 сверху. Тогда возникает конвективный перенос вещества: горячие потоки кремнезема как более легкие поступают вверх 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 нагнетают 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 вверх, 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 ± 10^0 С (рис.1). Затравки были облучены нейтронами дозой $10^{16}-8 \cdot 10^{20}$ н.см⁻² (ядерный реактор ВВР-СМ, Институт ядерной физики АН РУз). Образцы- кристаллы кварца были предварительно облучены γ -лучами на ядерно-физической установке Института ядерной физики АН РУз (гамма установка, источник Со 60). Фотогаммалюминесценция (ФЛ, ГЛ образцов измерялись на спектрофотометрах «Specord 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/см², протонов $10^{14}-10^{17}$ р/см² 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].

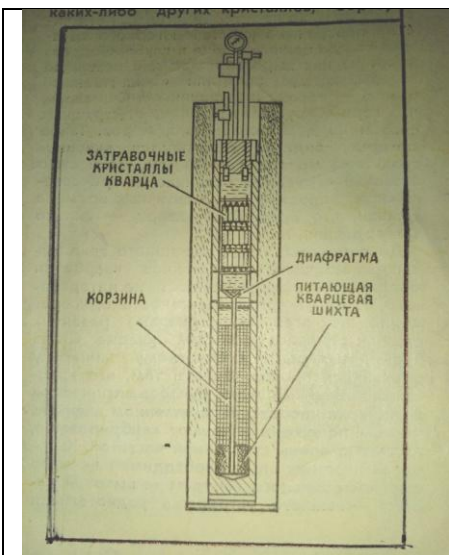


Рис.1. Схема автоклава, в котором выращивают кристаллы кварца.

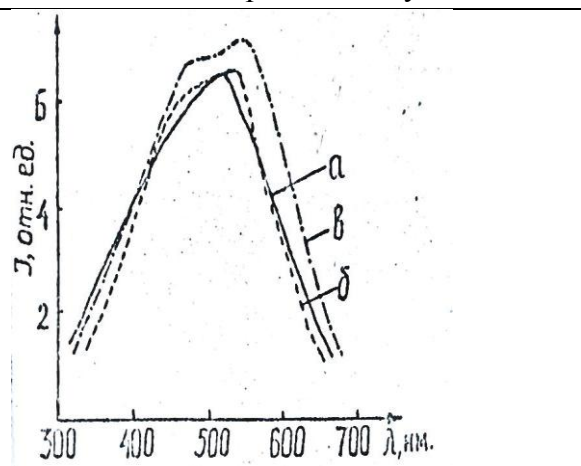


Рис.2. Спектр ГЛ кристалла, выращенного на нейтронно- облученной дозой $5 \cdot 10^{18}$ н/см² затравке.

Это дает основание полагать, что уменьшение интенсивности полосы 490 нм после нейтронного облучения обусловлено увеличением вероятности захвата нерелаксированных дырок активаторами и нейтронно-наведенными дефектами структуры. Обнаружено, что при температурах выше 200 К в кристаллах, облученных до 10^{17} н/см² 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/см². Причем интенсивности полосы 660 нм при $> 10^{18}$ н/см² выше чем 550 нм. Дальнейшее повешение дозы приводит к уменьшению их интенсивностей (рис.3). В кристаллах, облученных дозой $2 \cdot 10^{20}$ н/см² 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 β - 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 α - и β - фаз кварца [7]. Тогда можно, считать, что увеличение интенсивности полосы 550 нм с дозой дополнительного нейтронного облучения обусловлено ростом концентрации β - фазы [6-9]. Уменьшение ее интенсивности после 10^{19} н/см² свидетельствует о том, что при этом наблюдается взаимодействие между зародышами β - фазы, которое

обуславливает уменьшение количества β - фазы и увеличение метамиктной фазы [10-19].

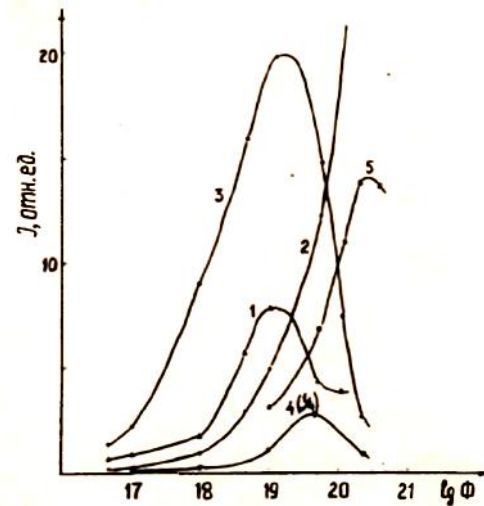


Рис.3. Зависимости интенсивностей полос ФЛ 550 (1), 660 (2), 840 нм (4) и ГЛ 660 (3), 460 нм (5) от флюенса нейтронов

Уменьшение интенсивности полосы 660 нм с ростом количества метамиктной фазы не согласуется с данными [20], где предполагается, что ее интенсивность характеризует долю аморфной фазы в нейтронно- облученных кристаллах, поскольку немостиковые атомы кислорода стабильно существуют только в стеклообразном состоянии. Это, по-видимому, обусловлено тем, что до дозы 10^{19} н/см² в кристаллах кварца, выращенных на нейтронно- облученных затравках зародыши β - фазы обеспечивают стабилизацию немостиковых атомов кислорода. При $> 10^{19}$ н/см² взаимодействие между зародышами β - фазы приводит к



уменьшению числа немостиковых атомов кислорода.

Выводы: Установлена зависимость интенсивностей полос люминесценций от дозы облучения затравки нейтронами, дополнительного нейтронного и гамма облучения и определены области термической стабильности центров свечений. 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 α - и β -фаз кварца.

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 β -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. Mustafakulov, 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. Силинь А. Р. Изв. АН СССР, сер. физич. 49, Ю, 2015, 1985.