



МЕНДЕЛЕЕВ

Электронный научный журнал
Издается ежемесячно с января 2019 года
Является печатной версией сетевого журнала
Менделеев

Выпуск: 2(6)

Февраль 2020

Новосибирск
2020

УДК 501+51/54
ББК 22/24
М501

Главный редактор:

Пальцунов Дмитрий Евгеньевич, д-р физ.-мат. наук.

Редакционная коллегия:

Аронбаев Сергей Дмитриевич, д-р хим. наук;

Богданов Александр Васильевич, канд. физ.-мат. наук;

Евстигнеева Мария Александровна, канд. хим. наук;

Еремеев Никита Федорович, канд. хим. наук;

Жалнин Руслан Викторович, канд. физ.-мат. наук;

Яхьяева Гульнара Эркиновна, канд. физ.-мат. наук.

М501 Менделеев: эл.научный журнал. – 2020 – № 2(6). – 16 с. –
<https://mendeleevjournal.ru/archive/6>

Учредитель и издатель: ООО «Грани науки»

ISSN: 2658-6495

Содержание

Теоретическая и прикладная физика	4
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА, ВЫРАЩЕННЫХ НА НЕЙТРОННО-ОБЛУЧЕННЫХ ЗАТРАВКАХ	4
Мустафакулов Асрор Ахмедович Нуритдинов Иззатилло Ахмаджонова Умида Тожимуродовна Жўраева Насиба Мардиевна	
Фундаментальные вопросы развития естественных наук	8
К ВОПРОСУ ОБ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ ПРИСАДОК ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ РОССИЙСКИМИ АНАЛОГАМИ	8
Комерзан Александр Николаевич Репин Дмитрий Владимирович Алексин Дмитрий Александрович Смелик Анатолий Анатольевич	

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА, ВЫРАЩЕННЫХ НА НЕЙТРОННО-ОБЛУЧЕННЫХ ЗАТРАВКАХ

Мустафакулов Асрор Ахмедович

*канд. физ.-мат. наук, доц., Джизакский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Джизак*

Нуритдинов Иззатилло

*д-р физ.-мат. наук, проф., ст. науч. сотр. Институт ядерной физики Академии наук,
Республика Узбекистан, г. Джизак*

Ахмаджонова Умида Тожимуродовна

*ассистент, Джизакский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Джизак
E-mail: umida.axmadjonova@bk.ru*

Жўраева Насиба Мардиевна

*ст. преподаватель Джизакский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Джизак*

STRUCTURE AND PROPERTIES OF QUARTZ CRYSTALS GROWN ON NEUTRON-IRRADIATED SEEDS

Asror Mustafakulov

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Jizzakh Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Jizzakh*

Izzatillo Nuritdinov

*doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor senior Researcher at the Institute of Nuclear Physics
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Uzbekistan, Jizzakh*

Umida Akhmadjonova

*assistant, Jizzakh Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Jizzakh*

Nasiba Juraeva

*senior teacher, Jizzakh Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Jizzakh*

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты исследований спектров электронно - парамагнитного резонанса (ЭПР) и люминесценции кристаллов кварца. Показано что в кристаллах кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках, наследуется выросшим слоем радиационно-наведенная β - фаза и структурные дефекты затравки.

ABSTRACT

The article presents the results of studies of the EPR spectra and luminescence of quartz crystals. It has been shown that in quartz crystals grown on neutron-irradiated seeds, the radiation-induced β -phase and the structural defects of the seeds are inherited by an overgrown layer.

Ключевые слова: радиация, нейтрон, доза, затравка, кварц, ЭПР, фазовый переход, центр точечного дефекта.

Keywords: radiation, neutron, dose, seed, quartz, EPR, phase transition, point defect center.

В настоящее время влияние структурных неоднородностей кристалла в виде β -, метамиктных фаз, а также точечных дефектов и примесей на кинетику фазовых превращений, происходящих в кристаллах кварца при нейтронном облучении, мало изучено. Задача усугубляется и тем, что, как известно [3, с.152], β -фаза кварца при обычных условиях стабильно не существует отдельно и дефекты ее структуры не исследованы.

Цель работы - исследовать наследования радиационно - наведенных β - фазы и точечных дефектов затравки нарощим слоем выращенного кристалла кварца и закономерности их распределения по толщине кристалла методом электронно - парамагнитного резонанса (ЭПР).

Методика эксперимента. Исследование спектров ЭПР кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках проводили на спектрометре ЭПР ER-420 с длиной волны $\lambda=3\text{см}$. Образцы были предварительно облучены γ - лучами дозой 10^5Гр . на ядерно-физической установке Института ядерной физики АН РУз (гамма установка, источник ^{60}Co). Затравки были облучены нейтронами дозой $10^{16}\cdot 8\cdot 10^{20}\text{н.см}^{-2}$ (ядерный реактор ВВР-СМ). Кристаллы кварца выращены в Российском Научно-исследовательском институте минерального сырья (ВНИИСИМС, г. Александров).

Результаты и обсуждение исследований. В настоящее время среди спектральных методов, применяемых при изучении природы дефектных центров, установлении принадлежности дефектов к той или иной фазе кристаллов, наиболее информативным является метод ЭПР. В [8,с.261] методом ЭПР показано, что в природных и синтетических кристаллах кварца, отоженных при температуре $T=970\text{К}$, после γ -облучения дозой $D = 10^6\text{Гр}$ и прогретых при $T=570\text{К}$, существует новый парамагнитный Т-центр. Согласно классификации парамагнитных центров для различных пространственных групп кристаллов [5,с.161] установлено, что Т-центры могут существовать в β - фазе, имеющей пространственных группу $R6_22$. По мнению авторов наиболее предпочтительно, что в структуре β -фазе кварца Т - центры образуются в кремнекислородных тетраэдрах с вакансиями кремния. Исходя из этого, можно допустить, что в кристаллах кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках, должны существовать Т-центры. Наши экспериментальные результаты показывают, что во всех кристаллах, выращенных на нейтронно-облученных затравках, наблюдаются Т-центры (рис.1). С ростом флюенса нейтронов интенсивность сигнала Т-центров увеличивается (рис.2). Сравнительные исследования показали, что во всех случаях интенсивность Т-центра значительно больше в темных дымчатых кристаллах, чем в прозрачных (см рис.1).



Рисунок 1. Спектры ЭПР Т-центра окрашивающихся (а) и неокрашивающихся затравок (б) кристаллов кварца на нейтронно-облученных затравках.

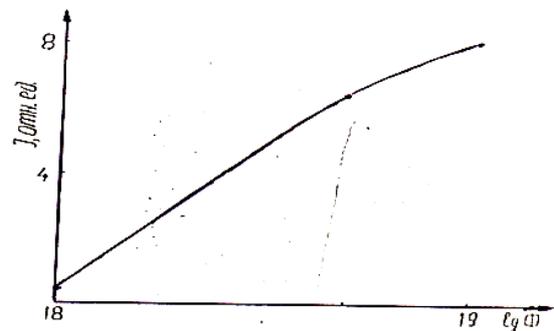


Рисунок 2. Зависимость количество Т-центров от флюенса облучения

Сравнение показывает, что увеличение концентрации Т-центров с ростом флюенса облучения затравки кристаллов качественно хорошо согласуется с данными рентгеноструктурного анализа [1,с.28] и с результатами люминесцентных исследований [6,с.135]. При этом следует отметить, что прямой количественной корреляции между количеством β - фазы и концентрации Т-центров не должно существовать, поскольку Т-центры образуются в структуре β - фазы кварца. Известно, что в кристаллах кварца дымчатая окраска обусловлена дырочным $[\text{AlO}_4]$ -центром, возникающим за счет изоморфного замещения ионов Si^{4+} примесью Al^{3+} [2,с.82]. В [4,с.26,9,с.223] показано, что вхождение Al^{3+} способствует созданию E^1 -центров в кристаллах SiO_2 под действием ионизирующих излучений. Тогда, согласно модели Т-центра [8,с.261] и данным [2,с.82, 9,с.223], можно предположить, что разные концентрации $[\text{AlO}_4]$ и E^1 -центров приводит к наблюдаемому количественному различию Т-центров в темных и прозрачных образцах. Исследование спектров ЭПР показало, что действительно в темных образцах интенсивности сигналов от $[\text{AlO}_4]$ - и E^1 -центров больше чем в прозрачных кристаллах. Для изучения закономерностей образования Т-центров исследованы спектры ЭПР обычных нейтронно-облученных кристаллов кварца и кристаллов, выращенных на нейтронно-облученных затравках, после дополнительного нейтронного облучения. В спектрах ЭПР обычных нейтронно-

облученных кристаллов, несмотря на то, что в них существует β -фаза, Т-центры не обнаружены. Дополнительное нейтронное облучение кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках, приводит к уменьшению количества Т-центров (рис.3). При флюенсах дополнительного облучения 10^{18} н.см⁻² спектр ЭПР от Т-центра не обнаруживается. В [8,с.261] показано, что в природных кристаллах кварца Т-центры образуются в тех участках кристалла, которые росли при температурах близких к температуре α - β -перехода. Более низкотемпературные участки кристаллов не содержат Т-центров. Нами для изучения закономерностей распределения Т-центров по толщине кристалла исследованы спектры ЭПР пластинок, вырезанные из нарощего слоя параллельно затравке толщиной 2 мм. Обнаружено, что до определенной толщины концентрация Т-центров увеличивается, а затем падает (рис.4).

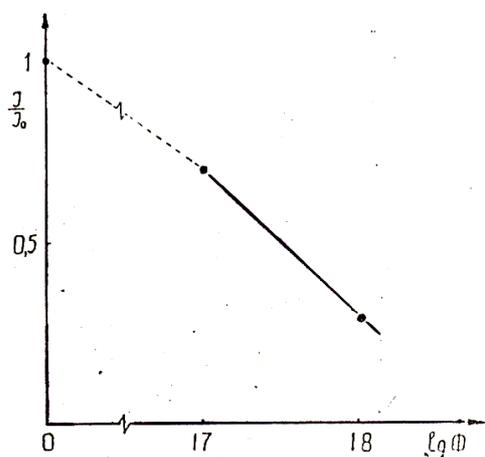


Рисунок 3. Влияние дополнительного нейтронного облучения на интенсивность ЭПР сигнала Т-центра в кристаллах, выращенных на затравках, облученных флюенсом $5 \cdot 10^{18}$ н.см⁻²

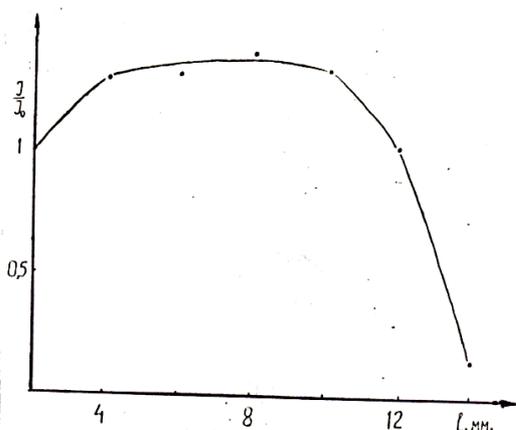


Рисунок 4. Распределение количество центров ЭПР Т-центра по толщине нарощего слоя

Исследование структуры кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках методом рентгеноструктурного анализа, описанного в [7,с.134,10,с.278, 11,с.243,12,с.158], показали, что количество β -фазы уменьшается с ростом толщины нарощего слоя. Например, в кристаллах выращенных на облученных флюенсом нейтронов $5 \cdot 10^{19}$ н.см⁻² затравках, количество β -фазы в первой пластинке, толщиной 2-4 мм, вырезанной из нарощего слоя параллельно затравке, составляет 48% от общего объема кристалла. В третьей пластинке, т.е. в нарощем слое, удаленный от затравки на 6-8 мм количества β -фазы-13%, а в пятой пластинке (10-13 мм) β -фаза не обнаружена. Отметим, что кристаллы кварца на нейтронно-облученных затравках выращивались в обычных Р-Т-условиях роста для кварца. Поскольку в данном случае в затравке имеются α - и β -фазы, отличающиеся друг от друга физико-химическими и структурными параметрами [2,с.82], то следует ожидать, что варьирование фазового состава затравки приведет к изменению Р-Т-условий роста в целом для кристалла. Поэтому можно предположить, что уменьшение концентрации Т-центров обусловлено изменением Р-Т-условий роста с увеличением количества β -фазы.

Выводы. Экспериментальные результаты показали, что в кристаллах кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках, наследуемая нарощим слоем радиационно-наведенная β -фаза является дефектной и проявления парамагнитного Т-центра обеспечивается за счет изменения Р-Т-условий роста. Таким образом, полученные экспериментальные данные показывают возможность синтеза стабильной при нормальных условиях β -фазы кварца на облученных затравках, т.е. возможность получения гидротермальным методом кристаллических материалов с заданными структурными характеристиками.

Список литературы:

1. Вахидов Ш.А., Гасанов Э.М., Ибрагимов Ж.Д., Мустафакулов А.А. и др. Рентгеноструктурное исследование кристаллов кварца, выращенных на нейтронно-облученных затравках. Докл.АН УзССР.-1984., №4, с.27-29.
2. Вахидов Ш.А., Гасанов Э.М. и др. Радиационные эффекты в кварце. Ташкент ФАН, 1975.-187 с.
3. Дэна Дж. Д., Дэна Э.С., Фрондель К. Система минералогии. Т. 3. Минералы кремнезема: Пер.с.англ.- М.:Мир-1966.
4. Ибрагимов Ж.Д. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. ф-м.н."Радиационно-стимулированные эффекты в кристаллах кварца и берлинита с различным типом и степенью совершенства структуры". Т.2001.-39 с.
5. Мейльман М.А., Самойлович М.И. Введение в спекроскопию ЭПР активизированных монокристаллов - М.:Атомиздат, 1977.
6. Мустафакулов А.А., Нуриддинов И. и др. Исследование аморфизации структуры кристаллов кварца при облучении люминесцентным методом. Uzbek Journal of Physics.Vol.20(№2), 2018. pp. 134-136.
7. Мустафакулов А.А., Маматкулов Б.Х., Уринов Ш.С. Гидротермальный рост минерального сырья на нейтронно-облученных затравках. Материалы VI Международной научно-практической VI Global science and innovations 2019: central asia international scientific conference Nur-Sultan (Astana), May 9-13th 2019 p.133-135.
8. Раков Л.Т. Поведение парамагнитных дефектов при термическом отжиге кварца. Кристаллография, т.34, № 1, с.260-262, 1989.
9. Arnold G.W.Ion-implantation effects in noncrystalline SiO₂ IEEE Trans Nucl.Sci-1973, v.20, №6, p.220-225.
10. Boboyarova Sh.G., Ibragimov J.D., Mustafaqulov A.A. Defect production in quartz crystals with different types and degrees of structure disorder under different kinds of irradiations 33 book of abstracts. I Eurasia conf.on nuclear science and applications, 23-27 october 2000, Izmir, Turkiya, pp.277-278.
11. Vakhidov Sh.A., Gasanov E.M., Ibragimov J.D., Mustafaqulov A.A. et al.Neutron irradiation influence crystalline Quartz structures and properties. Cryst.Latt.Def.and amorph.mat.1987,v.3, №3/4,p.241-244.
12. Mustafaqulov A.A., Turapov U.U., Etmishov Kh.F., Eshbekova S.O. Paramagnetic resonanse of lattice defects in neutron-irradiated β -phase quartz. Beijing, China, Scientific research of the sco countries: synergy and integration, 上合组织国家的科学研究：协同和一体化, Materials of the Date:International Conference May 17,2019, p. 157-159.