

**Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Государственный университет имени М.В.Ломоносова**

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра кристаллографии и кристаллохимии

Направление

ГЕОЛОГИЯ

КУРСОВАЯ РАБОТА

КВАРЦ И ЕГО ОКРАШЕННЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ

Студент: Галаганов Н.А. группы № 105

Научный руководитель: кандидат
геолого-минералогических
наук Копорулина Е.В.

МОСКВА

2010 г.

ВВЕДЕНИЕ.....	3
КВАРЦ.....	4
Описание кварца.....	4
Кристаллография кварца.....	8
Дефекты в кристаллах кварца.....	10
Месторождения кристаллов кварца.....	11
СИНТЕТИЧЕСКИЙ КВАРЦ.....	13
Основы технологии гидротермального синтеза кварца.....	14
Выращивание кристаллов кварца методом температурного перепада.....	16
КВАРЦ И ЕГО ОКРАШЕННЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ.....	18
Окрашенные разновидности кварца.....	18
Дымчатый кварц.....	18
Аметист.....	20
Цитрин.....	22
Аметрин.....	23
Зеленый кварц.....	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	25
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	26

Введение

Тема моей курсовой работы «Кварц и его окрашенные разновидности». Выбрав тему для написания этой работы, я впервые очередь ознакомился с основной литературой: учебниками и пособиями по разновидностям кварца и прочим научно-популярным материалом.

В настоящее время одним из важнейших направлений научных исследований является создание новых конструкционных, полупроводниковых, магнитных и других технически ценных кристаллических материалов. К числу наиболее широко применяемых монокристаллов относится кварц и алмаз, обладающие уникальными свойствами, которые позволили использовать их в различных отраслях промышленного производства. В данной курсовой работе темой для исследования и ознакомления является кварц – наиболее распространенный в земной коре химических элементов.

Без преувеличения также можно отметить, что этот минерал не только занимает одно из центральных мест в науках о веществе Земли, но вместе с его синтетическими аналогами входит в первую десятку монокристаллов, которые играют ключевую роль в современном приборостроении.

Курсовая работа выполнена на кафедре кристаллографии и кристаллохимии под руководством Е.В Копорулиной.

Кварц SiO_2

Один из самых распространенных и хорошо изученных минералов земной коры, кварц имеет теоретический состав 46.7% Si, 53.3% O. Однако даже в наиболее близком к этому составу прозрачном бесцветном кварце содержатся примеси щелочей, железа, алюминия, кальция, магния, титана и других элементов. Минерал кристаллизуется в тригональной сингонии (β -кварц), переходя при температуре 573 °С в гексагональный α -кварц, устойчивый до 870 °С. При более высоких температурах стабильными формами являются α -тридимит (до 1470 °С) и α -кristобалит, плавящийся при температуре 1700 °С. Кварц обладает большой плотностью (2.65–2.66 г/см³) и упругостью, высокой твердостью (7 по шкале Мооса) и прочностью; он является хорошим диэлектриком, незначительно расширяется при нагревании, химически устойчив, частично растворяясь лишь в плавиковой кислоте. [<http://www.jeweller-info.ru/?action=quartz>]



Рис.1. Прозрачный кварц в виде друзы [<http://photo.tcw.ru/i/430/200/19004.jpg>]

Практическое использование жильного кварца связано с возможностью изготовления из него специальных стекол, характеризующихся прозрачностью, химической и термической стойкостью и применяемых в светотехнической, оптико-механической и других отраслях промышленности. Особо чистое стекло идет на изготовление высокотемпературных реакторов, оптических телескопов, тиглей для выращивания полупроводниковых монокристаллов; оно используется в радарных установках, быстродействующих ЭВМ и др.

Для получения этих стекол методами плавки и варки пригоден как молочно-белый, так и прозрачный жильный (в том числе гранулированный) кварц, представленный агрегатом прозрачных и полупрозрачных зерен миллиметровых размеров. Такое сырье подвергают обогащению, удаляя как включения других минералов, так и частично газовой-жидкие включения; предъявляемые к нему требования заключаются в высокой прозрачности, определенном гранулометрическом составе и практически полном отсутствии примесей. [Здорик Т.Б. и др., 1998]

Прозрачные крупные кристаллы кварца (либо их обломки и галька) встречаются редко. Те, из которых могут быть получены бездефектные монокристалльные области определенных размеров для изготовления оптических и пьезотехнических элементов, называют пьезооптическим кварцем. Причем если для оптических целей пригодны лишь прозрачные кристаллы (горный хрусталь), то для пьезотехнических возможно также использование окрашенных разновидностей, обычно применяемых в ювелирном деле: черных (морион), фиолетовых (аметист), дымчатых (раухтопаз), желтоватых (цитрин) и др.

Прозрачный кварц хорошо пропускает ультрафиолетовые и инфракрасные лучи; при прохождении через его пластинку вдоль оптической оси поляризованного луча происходит поворот плоскости поляризации на некоторый угол. Правые кристаллы β -кварца вращают плоскость поляризации вправо, а левые — влево. Сущность пьезоэлектрических свойств заключается в том, что при сжатии (растяжении) кристалла вдоль оси L_2 в том же направлении возникает электрический заряд с противоположными знаками на концах кристалла.

Основными потребителями такого кварца являются радиотехническая и оптико-механическая отрасли. Не отвечающие техническим требованиям отходы, полученные при его обогащении, используются в областях применения жильного кварца.

По действующим в нашей стране стандартам минимальные размеры монообласти кристалла пьезокварца должны обеспечить выпиливание из нее заготовки — пластины размером 12x12x1.5 мм, причем какие-либо дефекты в этой монообласти недопустимы. К последним относятся трещины, свили, дофинеийские и бразильские двойники, видимые газовой-жидкие и твердые включения.

Для оптического кварца. минимальный размер монообласти, перпендикулярной оптической оси, составляет 70x60x50 мм при ее выходе из кристаллосырья не ниже 40%; допускается наличие

дофинеи́ских двойников, а также включений размером до 0.1 мм (не более одного на 1 см³).

Дефицит пьезооптического кварца вынудил ряд промышленно развитых стран наладить производство его синтетических аналогов.

Свыше 95% добычи кристаллов пьезооптического кварца в капиталистических и развивающихся странах приходится на долю Бразилии: ее экспорт кристаллокварцевого сырья в последнее десятилетие составляет около 7-4 т/год. Менее дефицитный жильный кварц (в том числе гранулированный) добывается во многих странах.

Природными источниками получения жильного кварца и кристаллокварцевого сырья являются пегматиты и гидротермальные кварцевые жилы. Кроме того, значительная часть кристаллокварцевого сырья извлекается из россыпей. С учетом условий образования выделяют следующие важнейшие геолого-промышленные типы месторождений. 1. Пегматитовые тела с обособлениями жильного кварца и хрусталеносными камерами в гнейсах, гранитогнейсах и кристаллических сланцах или в апикальных частях гранитных интрузивов. 2. Гидротермальные хрусталеносные кварцевые жилы и минерализованные трещины в кварцитах, песчаниках, метавулканитах, мраморах и др. 3. Гидротермально-метаморфические жилы гранулированного кварца в гнейсах, амфиболитах, кристаллических сланцах, кварцитах мигматито-гнейсовых комплексов. 4. Хрусталеносные элювиально-делювиальные и аллювиальные россыпи среди песчано-глинистых отложений, залегающие на коре выветривания каолинового типа и связанные с хрусталеносными телами пегматитов, гидротермальными жилами и минерализованными трещинами.

В составе первого типа пегматитовых месторождений выделяют два подтипа: слюдоносные пегматиты с кварцевыми обособлениями (блоками, ядрами) и хрусталеносные внутригранитные камерные пегматиты.

Сближенные тела слюдоносных пегматитов жильной линзовидной или неправильной формы длиной 10-100, редко 300 м, мощностью 5-10, редко 20 м объединяются в крупные поля среди докембрийских гнейсов, гранитогнейсов, мигматитов и кристаллических сланцев амфиболитовой фации метаморфизма, слагающих древние щиты и антиклинорные зоны геосинклинальных складчатых областей. Они содержат обособления (ядра) объемом до 100 м³ и более, сложенные жильным молочно-белым и гранулированным кварцем, прозрачным и полупрозрачным, пригодным для изготовления многокомпонентных оптических стекол. Представителями этого подтипа являются месторождения Карелии и Кольского полуострова, Мамско-Чуйского района, Среднего Урала, Мугоджар и другие в СССР, пегматитовые месторождения Индии, Бразилии, США и других стран. [<http://ru.wikipedia.org>]

Среди внутригранитных камерных пегматитов различают берилл-топаз-хрусталеносные древних щитов и хрусталеносные, иногда флюорит-хрусталеносные складчатых областей. Они

представляют собой изометричные, трубо и штокообразные тела размером от 2 до 100 м в поперечнике, объединяющиеся в поля с групповым (кустовым) распределением в составе последних. Эти пегматиты имеют зональное строение: кварцевое ядро в окружении блоковой микроклиновой, пегматоидной полевошпат-кварцевой и графической зон. Обычно под кварцевым ядром располагаются полости объемом от 1 до 40 м³ (редко более), содержащие морион, горный хрусталь и зональные кристаллы с обоими из них, являющиеся пьезооптическим сырьем. Некондиционные кристаллы, а также частично кварц ядра пригодны для плавки технического стекла. В нашей стране такие пегматиты широко развиты на Украине и в Центральном Казахстане, за рубежом — в Бразилии, Канаде, КНР, Монголии, США, Афганистане, Бирме, Шри-Ланке и др. Гидротермальные хрусталеносные кварцевые жилы и тела минерализованные трещины обычно объединяются в крупные штокверки и штокверковые зоны протяженностью от 100 до 1000 м, шириной до 100 м и глубиной распространения жил до 400 м, преимущественно связанные с высококремнистыми породами: песчаниками, кварцитами, гнейсами и др. Они сложены преимущественно молочно-белым кварцем, в котором выделяются участки прозрачного и полупрозрачного кварца с полостями, содержащими кристаллы горного хрусталя; доля прозрачного и полупрозрачного кварца в жилах обычно не превышает 1/3 их объема, а размеры его участков не превышают 10-15 м в поперечнике. Гнезда и занорыши (полости) горного хрусталя располагаются как внутри жил, так и на их выклиниваниях; их объем колеблется от 0.5 до 50 м³, редко более. Полости обычно заполнены каолином, серицитом, кальцитом, обломками жильного кварца и другими минералами. Гидротермальные изменения боковых пород наиболее интенсивны близ хрусталеносных полостей и проявлены в виде хлоритизации, серицитизации, реже карбонатизации, альбитизации и эпидотизации. [Здорик Т.Б. и др., 1998]

Крупные кристаллы горного хрусталя в этих полостях достигают сотен граммов и даже десятков килограммов, являясь ценнейшим пьезооптическим сырьем. Некондиционные кристаллы, а также полупрозрачный и прозрачный кварц — сырье для оптического стекловарения.

Классическими месторождениями этого типа являются бразильские; такие месторождения имеются также в МНР, КНР и других странах. В СССР главными районами их развития являются Приполярный и Юж. Урал, Алдан, Памир, Казахстан.

Гидротермально-метаморфические жилы гранулированного кварца имеют простую линзовидную или более сложные формы; их длина по простиранию колеблется от первых десятков до первых сотен метров, по падению — до 40 м, мощность колеблется от 1 до 5 м (иногда до 15 м). Чаще они вытянуты в линейные зоны или образуют штокверки среди гнейсов, амфиболитов, кристаллических сланцев и кварцитов мигматитогнейсовых куполов складчатых систем, реже встречаются единичные жилы. Гранулированный кварц характеризуется повышенной химической чистотой и высоким светопропусканием. Его образование происходило за счет метаморфической

грануляции первичного жильного кварца, сопровождавшейся очисткой последнего от минеральных и газовой-жидких включений. Это сравнительно новый, по существу еще, осваиваемый вид кварцевого сырья для производства прозрачного кварцевого стекла путем плавки. Примерами месторождений; этого типа являются Кыштымские, Ларинское, Вязовское, Маукское, Кузнечихинское на Урале, а также ряд объектов Казахстана и других регионов.

Хрусталеносные россыпные месторождения обычно тесно пространственно связаны со своими коренными источниками: хрусталеносными телами пегматитов и гидротермальными жилами. Генетически это элювиально-делювиальные и аллювиальные образования эллипсоидной, округлой, неправильной изометричной, дельтовидной и вытянутой лентовидной формы в плане. Их размер в поперечнике может достигать 1.5 км и более при небольшой мощности (0.5—1.5 м). Обломки кристаллов горного хрусталя слабо окатанные, как правило, обладают высоким качеством (при формировании россыпи происходит естественное обогащение, обусловленное более высокой устойчивостью к агентам химического и физического выветривания кристаллов, лишенных трещин, свиелей, двойников, твердых и газовой-жидких включений). Промышленные хрусталеносные россыпи широко развиты на восточном склоне Юж. Урала, Украине в СССР; примером зарубежных месторождений этого типа являются россыпи, сопутствующие хрусталеносным гидротермальным жилам Бразилии. [Здорик Т.Б. и др., 1998]

Кристаллография кварца

Основные химические и физические свойства кварца хорошо известны. Он практически состоит на 100% из SiO_2 и содержит очень малое количество примесей Fe_2O_3 , FeO , TiO_2 , Al_2O_3 , Mn_2O_3 , CaO , которые в основном наблюдаются в форме включений мелких кристаллов разнообразных минералов - рутила, гетита, турмалина, хлорита, роговой обманки. В нем встречается иногда также тонко распыленное углеродистое вещество. В мелких порах, имеющих практически во всех кристаллах кварца, содержатся вода и газы (углекислота, метан и др.). Излом у кварца раковистый, неровный. Кристаллизуется кварц в тригональной сингонии. Твердость его 7, но он хрупок. Плотность 2,7. Блеск стеклянный. большей частью кварц бесцветен, нередко прозрачен. Весьма устойчив. Размеры кристаллов кварца резко различны, от миллиметров до десятков сантиметров. Их поперечное сечение в общем коррелируется с длиной и колеблется от миллиметра до десятков сантиметров. Обычно простые кристаллы кварца имеют форму шестигранных призм с пирамидой наверху, но встречаются и бипирамидальные кварцы. Кристаллографические формы кварца многообразны; ему свойственно образовывать различные двойники кристаллов. [Кустов В.В. и др., 1982]



Рис.2. Кварцевая жеода [<http://www.geo-rus.ru/kvarc.htm>]

Щетки кварца занимают также среднюю часть жил, выполняющих полости межпластовых трещин в доломитах или известняках. Форма кристаллов кварца разнообразна. Размеры жеод от 5 до 50 см в поперечнике. Площадь щеток из мелких кристаллов достигает 0,5 м² и более.



Рис.3. Сrostки кварца в разновидности розового кварца.
[<http://www.krugosvet.ru/uploads/enc/images/24/1236329899963c.jpg>]

Дефекты в кристаллах кварца

Дефекты – это преобразования в минералах, подвергшиеся изменению при росте или выращивании. Для получения пьезоэлементов, используемых в радиотехнике, пригодны кристаллы горного хрусталя, раухтопаза и мориона. В них должны отсутствовать трещины, инородные включения, двойники. Однако бездефектная область кристалла кварца (монообласть) обычно весьма невелика.

В природе редко встречаются кристаллы кварца без дефектов. При разделке кварцевого сырья приходится сталкиваться с различными дефектами. Эти дефекты чаще всего располагаются по всему кристаллу кварца, иногда они сосредоточены в какой-либо его части.

Наиболее часто встречающимися дефектами кристаллов кварца являются различные включения инородных тел, трещины, пузырьки газа или жидкости, фантомы, свили, «голубые лучи», двойники. Фантомы (призраки) нарушают структуру кристалла кварца, образование их в кристаллах кварца объясняется перерывом в росте, обусловленным стихийными причинами в процессе кристаллизации.

Свили - слоистые образования, которые появляются вследствие изменения условий кристаллизации в процессе роста.

«Голубые лучи» - это включения в кристалле кварца рутила ~ двуокиси титана. Титан кристаллизуется в виде длинных игл, поглощающих все цвета спектра, кроме голубого, откуда и происходит это название. В кристалле они встречаются попарно расположенные под углом 45° друг к другу.

Часто встречающимся дефектом в кристалле кварца и пластинах являются двойники, как естественно образовавшиеся, так и получившиеся в процессе производства вследствие случайного нагрева на каком-либо этапе до температуры выше 573°C . В природе двойники представляют собой сросшиеся кристаллы (два или 1 больше). В кристаллах кварца с двойниками кристаллографические оси расположены различно в связи с разным структурным расположением атомов в кристаллической решетке. Двойники имеются почти в любом кристалле кварца, захватывая большую или меньшую его область. Области кристаллов кварца, содержащие двойники, не могут быть использованы для распиловки на срезы для пьезоэлементов.

Различают двойники: от срастания кристаллов кварца, электрические (или дофинейские), оптические (или бразильские).

При электрическом двойниковании сросшаяся часть правого или левого кристалла кварца повернута на 180° относительно другой его части. Граница спаянности очень четко

выявляется после длительного травления (до 1 ч) кристалла с электрическим двойником в плавиковой кислоте (HF), так как при этом одна часть его кажется матовой, а другая зеркальной. Так легко выявляется область электрического двойникования. На границе сращения элементов кристалла кварца с электрическим двойником заряд, образуемый при пьезоэффекте, меняется на противоположный.

При оптическом двойниковании часть элементов правого кристалла кварца сращена с частью элементов левого кристалла. И граница сращения хорошо видна после травления кристаллов в плавиковой кислоте.

Большинство кристаллов кварца являются оптическими двойниками, т. е. обладают как право, так и левовращающимися областями. Границы сращения электрических двойников имеют неправильную форму. Оптические двойники образуют фигуры с прямыми границами. Кристалл кварца обладает одинаковыми упругими свойствами во всех точках, но обе части пластины с такими дефектами будут стремиться расширяться и сокращаться в противоположных фазах. Крупные кристаллы природного кварца имеют значительные участки с двойниками, причем чаще встречаются дофинеийские двойники. Академик А. В. Шубников искусственно получил дофинеийские двойники, подвергнув кристаллы кварца высокому давлению, в результате которого произошло смещение кремнекислородных тетраэдров. Так как кристаллы кварца с дофинеийскими двойниками непригодны как кварцевое сырье, практическое значение имеет процесс превращения двойниковой области в монокристаллическую. Метод раздвойникования кристалла кварца был предложен академиком А. В. Шубниковым и Е. В. Цинзерлингом. Он заключается в нагревании области кварца с двойниками до температуры, превышающей точку полиморфного превращения низкотемпературной модификации кварца в высокотемпературную, т. е. α -кварц (-) -573°C , с многократным переходом через эту точку в ту и другую сторону и последующим охлаждением. [Кустов В.В. и др., 1982]

Месторождения кристаллов кварца

Существуют три главных типа месторождений кварца.

1. Месторождения в пегматитах. Пегматит - это крупнокристаллическая порода кислого состава, встречающаяся вблизи гранитных массивов. Кварц располагается здесь в полостях и занорышах, образуя отдельные кристаллы и группы сросшихся кристаллов (друзы). Обычно кварц, добываемый из месторождений этого типа, бывает непригоден для пьезокварцевого производства.

В СССР хрусталеносные пегматиты имеются в Житомирской области вблизи г. Володарск-Волынского.

2. Хрусталеносные кварцевые жилы. В этих жилах встречаются гнезда, погребка с крупными кристаллами различных разновидностей кварца. Чаще всего гнезда кварца располагаются на выклинивании таких жил по падению (в глубину) или по простиранию (на концах), полости и погребка образовывались при вымывании вещества жилы. Впоследствии кристаллы кварца росли за счет привноса кремнезема из боковых пород.

Хрусталеносные жилы дают много высококачественных кристаллов. Крупнейшие месторождения кристаллов кварца этого типа на Северном, Приполярном и Южном Урале, Казахстане и на Памире, за рубежом - в Бразилии.

На Урале было обнаружено уникальное месторождение кристаллов-великанов. Извлечено семейство из двадцати прозрачных кристаллов общей массой более 9000 кг. Среди них кристалл с правильной вершиной высотой 172 см и шириной 70 см, массой 784 кг. До сих пор наибольшим известным кристаллом кварца был кристалл, хранящийся в США, высотой 200 см и шириной 40 см. [Кустов В.В. и др., 1982]

3. Хрусталеносные россыпи. Они образуются при разрушении хрусталеносных пегматитов и жил реками. При этом происходит природное обогащение, так как трещиноватые кристаллы кварца при переносе реками раскалываются и расплываются, а монолитные кристаллы откладываются обычно неподалеку от коренных месторождений. Поэтому по единичным кристаллам кварца можно найти коренное месторождение. Россыпи кварца бывают обычно небольших размеров.

Экспериментально установлено, что прозрачные кристаллы природного кварца, полученные из месторождений Памира и Полярного Урала, обладают наивысшей стабильностью физических свойств, и желательна их применение при изготовлении прецизионных кварцевых резонаторов для эталонов частоты.

Большое значение для кварцевой промышленности имеют искусственно выращиваемые кварцевые кристаллы.

Синтетический кварц

Исследования по кристаллизации кварца начали проводиться в середине XIX столетия. Впервые искусственный кварц из растворов был получен К. Шауфхеутлем в 1845 г. в виде микроскопических кристаллов, сформированных поверхностями гексагональной призмы и двух ромбоэдров. В последующие годы кристаллы кварца были синтезированы в гидротермальных системах. Однако все эти работы ставили минералогические задачи и завершались получением кристаллов микроскопических размеров.

В проводимых исследованиях применялись затравки ромбоэдрических срезов, которые интенсивно двойниковались при наращивании с высокими скоростями. Ростовые двойники детально не изучались, что приводило к погрешностям в интерпретации полученных результатов, когда двойниковые вицинальные образования идентифицировались как характерные ростовые формы макрорельефа грани (10-11). Ориентация на проведение синтеза кварца при повышенных термобарических параметрах не только существенно осложнила разработку надежного лабораторного автоклавного оборудования, но и практически исключила возможность постановки задачи промышленного освоения лабораторных процессов.

В процессе отработки и совершенствования промышленного метода синтеза были определены основные закономерности, контролирующие зависимость пьезоэлектрических свойств синтетического кварца от физико-химических условий перекристаллизации, найдены критические значения скоростей роста и ряда термобарических параметров, обеспечивающие получение высококачественных кристаллов на затравках различной ориентации, что позволило установить оптимальные режимы синтеза пьезокварца с заданным значением добротности.

Изучение природы дефектности и разработка на базе существующей методики получения пьезокварца синтетического материала высокой чистоты обусловили создание методов получения специальных сортов синтетического кварца. Использование бездислокационных затравок и шихтового материала повышенной чистоты в сочетании с подбором оптимальных параметров процесса и применение специальных кристаллодержателей позволили разработать и внедрить в промышленное производство процессы выращивания оптического монокристалльного кварца, а также уникальных по размерам и ориентации монопирамидальных кварцев для акустоэлектронных приборов. [Хаджи В.Е. и др., 1987]

Основы технологии гидротермального синтеза кварца

Кристаллы природного и синтетического кварца, как и любые другие кристаллы, образующиеся из раствора, самоограняются в процессе роста. Симметрия кварца (группа D_3) способствует образованию на кристалле следующих простых форм: гексагональной призмы $\{10-11\}m$, двух основных ромбоэдров — большого (положительного) $\{10-11\}R$ и малого (отрицательного) $\{011\}r$, неосновных — тупых и острых ромбоэдров $\{hokl\}$, пинакоида $\{0001\}c$, двух кристаллографически различных тригональных призм — положительной $\{-1120\} (+x)$ и отрицательной $\{1120\} (-x)$, отрицательных и положительных тригональных дипирамид $\{hhkl\}$. Габитус кристаллов кварца в том случае, если они растут на точечных затравках, в основном определяется отношением скоростей роста комплекса наиболее медленно нарастающих граней. Для природных кристаллов основными габитусными гранями, как правило, являются грани m , R и r . Иногда на кристаллах присутствуют в подчиненном развитии гелиэдрические грани отрицательной дипирамиды $\{11-21\}$, тригонального трапецоэдра (чаще всего $\{51-61\}$) и острейших ромбоэдров с различными символами.

Специфика роста кристаллов синтетического кварца заключается в выращивании не на точечных, а на пластинчатых затравках. Необходимость использования таких затравок связана с тем, что во всех обследованных физико-химических условиях синтеза кристаллы кварца практически не нарастают по граням m гексагональной призмы. Из точечной затравки образуется кристалл в виде иглы, вытянутой вдоль оси z , с поперечным сечением, равным сечению гексагональной призмы, описанной вокруг этой затравки.

Для того чтобы вырастить крупный кристалл кварца, необходимо задать его сечение, перпендикулярное к оси c , протяженной затравкой. Это можно сделать, используя в качестве затравок пластины или стержни определенных кристаллографических ориентации. Наиболее эффективны (в смысле получения «максимального сечения кристалла при минимальной площади затравки») пластины, ориентированные параллельно плоскости пинакоида. В практике выращивания кристаллов кварца постепенно определился ассортимент затравочных пластин, применяемых для выращивания кристаллов различного назначения. [Хаджи В.Е. и др., 1987]

Для выращивания кристаллов кварца можно применять затравочные пластины самых различных ориентации, в том числе и иррациональных. Применение заготовок указанных ориентации в первую очередь определялось требованиями к качеству выращиваемых кристаллов. Проведенными исследованиями было показано, что на различно ориентированных затравках образуются кристаллы с различной однородностью и различной степенью дефектности.

Наиболее однородные и в значительной степени «монопирамидные» кристаллы удается получить именно на затравках. На рисунке 3(а, б) представлены кристаллы синтетического кварца, полученные на затравках. [Хаджи В.Е. и др., 1987]



А)



Б)

Рис. 3 (а, б) Кристаллы синтетического кварца [http://geo.web.ru/druza/m-quartz-F_Ru.htm]

Для осуществления целенаправленного процесса гидротермального синтеза кристаллов кварца выбор растворителя в сочетании с определением оптимальных термодинамических параметров кристаллизации имеет определяющее значение. Прежде всего для получения пресыщений, обеспечивающих необходимые скорости роста кристаллов, необходимо подобрать растворитель и такую область термобарических параметров, при которых кристалл термодинамически устойчив и достаточно растворим. Для того, чтобы растворение шихты не ограничивало скорости роста затравок, необходимо обеспечить такую величину поверхности кварцевой шихты, которая в достаточной мере (не менее чем пятикратно) превышает бы величину общей поверхности всех кварцевых затравок. Величина температурного перепада между значениями температур камер растворения и роста должна обеспечивать достаточную интенсивность свободного конвективного массообмена раствора в объеме автоклава, причем интенсивность конвективного переноса не должна лимитировать скорость роста кристаллов.

Выращивание кристаллов кварца методом температурного перепада

Гидротермальный синтез кварца представляет собой процесс перекристаллизации, протекающий в условиях относительно высоких температур и давлений в результате переноса вещества с исходного материала (шихты) на затравку. Для обеспечения непрерывного нарастания материала на затравку в рабочем пространстве кристаллизатора создается постоянное или регулируемое пересыщение, достаточное по своей величине для поддержания заданной скорости роста. Последняя является многофакторной величиной и зависит от ряда параметров, управление которыми позволяет регулировать процесс.

Создание необходимого пересыщения в том или ином конкретном растворителе основывается на знании температурной зависимости растворимости вещества, выборе участка этой функциональной зависимости с нужными ТКР и значениями растворимости при температурах, соответствующих условиям растворения и роста. Однако набор перечисленных факторов не является еще достаточным для создания условий, обеспечивающих выращивание кристаллов нужного качества. Необходим учет ряда кинетических зависимостей, характеризующих, например, зависимость скорости роста по определенным кристаллографическим направлениям от термобарических параметров, химического состава кристаллизационной среды, отношения величины растущей поверхности к поверхности растворения и т. п. [Хаджи В.Е. и др., 1987]

Рост кристаллов кварца в щелочных растворах нельзя отождествлять с процессами растворения и последующей перекристаллизации в обычном понимании этого явления. Растворение кварца сопровождается химической реакцией перехода диоксида кремния в соли кремневой кислоты — силикаты. Образовавшийся в результате такого взаимодействия силикат

переходит в раствор в больших или меньших количествах в зависимости от условий протекания процесса. Именно этот силикат в процессе роста кристаллов служит источником питания (или транспортирующим агентом) затравочной пластинки диоксидом кремния. В ходе указанного акта щелочной силикат должен претерпевать разложение на свободную щелочь и диоксид кремния, который служит строительным материалом для растущего кристалла. Следовательно, процесс выращивания кварца состоит из двух противоположных стадий: а) образования щелочного силиката в результате взаимодействия исходного кварцевого сырья со щелочью; б) разложения образовавшегося силиката с выделением SiO_2 и ее кристаллизацией. Обе эти стадии представляют собой химические реакции и зависят от природы щелочи, концентрации ее в растворе и от внешних условий — температуры, давления и массообмена.

Как отмечалось, структура кварца принадлежит к тригональному классу D_3^4 . Для такой структуры можно сформулировать ряд общих свойств. Поскольку оси третьего порядка в структуре кварца винтовые, позиции тригональной симметрии в ней отсутствуют и, следовательно, тем самым исключается возможность образования центров, с данной симметрией. В такой структуре могут образоваться только моноклинные активные центры с магнитной кратностью, равной 3, и единственным физически выделенным направлением, перпендикулярным к кристаллографической оси C_3 , или триклинных активных центров с магнитной кратностью 6 (магнитные оси таких центров являются псевдоосями).

Аномальная симметрия поглощения света, не соответствующая истинной симметрии кристалла, была достаточно давно обсуждена и описана для одной из окрашенных разновидностей кварца—аметиста. Аналогичное явление резко аномального плеохроизма, не соответствующего оптической индикатрисе, было, в частности, отмечено Г. Г. Леммлейном в 1944 г. у кристаллов из пегматитовой жилы на Волыни. Хотя вопрос о возможной природе этого явления неоднократно обсуждался в минералогической и кристаллографической литературе, почти полное отсутствие данных о структуре соответствующих центров окраски не позволяло надеяться на отыскание какого-либо разумного решения. [Хаджи В.Е. и др., 1987]

Кварц и его окрашенные разновидности

В чистом виде кварц бесцветен или имеет белую окраску из-за внутренних трещин и кристаллических дефектов. Элементы-примеси и микроскопические включения других минералов, преимущественно оксидов железа, придают ему самую разнообразную окраску. Среди цветowych разновидностей кварца — почти чёрный морион, фиолетовый (аметист), жёлтый (цитрин) и т.д. Причины окраски некоторых разновидностей кварца имеют свою специфическую природу. Искусственным кристаллам придают также зелёную (очень редка в природе) и голубую (природных аналогов нет) окраску.

Окрашенные разновидности кварца

Дымчатый кварц

Дымчатый кварц является светло-серой, золотисто-серой, коричневатой или почти чёрной (но не чёрной!) прозрачной разновидностью кристаллического кварца (SiO_2) - оксида кремния. Тригональная сингония. Форма нахождения: крупные шестигранные столбчатые кристаллы с пирамидальной верхушкой, как отдельные, так образующие двойники (сдвоенные кристаллы), друзы, жеоды, щётки. Известны кристаллы весом в тонны, но камни, достойные огранки, встречаются относительно редко. Практическое значение имеют кристаллы размером свыше 3-5 см. Иногда встречаются включения посторонних минералов: гётита (звёздчатый кварц), золота, пирита, рутила (волосатик), турмалина. Твёрдость 7, удельный вес 2,7. Спайность отсутствует, излом раковистый, минерал хрупкий. Блеск от стеклянного до жирного на изломе. Флуоресценция отсутствует. Цвет варьирует от легкой сероватой дымки до тёмной коричнево-серой вуали и граница между кварцем, раух-топазом и морионом в принципе условна и определяется лишь визуально "на глаз", но считается, что раух-топазы прозрачные, а морионы в тонком слое только просвечивают. На солнечном свете аметисты некоторых месторождений могут сереть и превращаться в дымчатый кварц. Дымчатая окраска раух-топазов является неустойчивой - при температуре 300-320°C она полностью исчезает. Этим свойством пользовались на Урале еще в XVII-XIX вв, где для получения цитрина морион или дымчатый кварц запекали в хлебе. Цвет обычно углубляется от основания кристалла к его верхушке, а трещины, пузырьки и прочие дефекты чаще встречаются у основания. Оригинальная окраска дымчатого кварца обусловлена структурными дефектами. [Балицкий В.С. и др., 1981]



Рис. 4. Дымчатый кварц [<http://www.liveinternet.ru/photo/2913644/post18614426/>]

Название дано по характерной окраске, синонимы - раух-топаз (от нем. Rauch - дым, и греч. topazos - топаз), дымчатый хрусталь. Раух-топаз не имеет никакого отношения к топазу, с которым из-за сходства названий его можно перепутать. Раух-топаз - устаревшее название, распространённое в обиходе (в известной мере слово "раух-топаз" - не более чем торговое название дымчатого кварца).

Происхождение. Встречается главным образом в пустотах гидротермальных жил, большинство промышленных месторождений и находок крупных кристаллов связаны с хрусталеносными жилами "Альпийского типа". Дымчатый кварц также находят в пустотах в ядрах пегматитовых жил и контактово-метаморфических месторождений различного типа. Сопутствующие минералы: самородное золото, флюорит, полевые шпаты, кальцит, турмалин, топаз, берилл, магнетит, брукит, анатаз, хлориты, эпидот, рутил, титанит, сульфиды, гематит, гётит, лимонит, некоторые минералы из группы цеолитов.

Месторождения известны в Бразилии (Минас-Жейрас), на Мадагаскаре, в России (Урал), Шотландии, Швейцарии (Швейцарские Альпы), Украине, США (Мэн, Колорадо), Испании (Кордова), Намибии, Японии, Германии (Бавария). Раух-топаз является одним из самых недорогих и доступных драгоценных камней 3 порядка. Наряду с горным хрусталём, аметистом и цитрином раух-топаз является разновидностью кварца, находящей применение в ювелирном деле. По другим классификациям относится к поделочным камням, т.к. используется для недорогих украшений и изготовления относительно крупных резных изделий. В качестве ювелирного камня употребляются более светлые разновидности этого минерала. В отличие от мориона, дымчатый кварц очень популярен в современном ювелирном искусстве. Особо красивы и ценятся его дымчато-золотистые кристаллы. Друзы и сростки кристаллов дымчатого

красивы и ценятся его дымчато-золотистые кристаллы. Друзы и сростки кристаллов дымчатого кварца бывают очень красивы и являются традиционным украшением экспозиций минералогических музеев и частных коллекций. [Балицкий В.С. и др., 1981]

Лечебные и магические свойства. Считается, что дымчатый кварц излечивает тяжелые виды психических расстройств: депрессию, навязчивые идеи, склонность к самоубийству. Для того чтобы излечиться от этих недугов, кристалл следует носить с собой и в момент обострения болезни сжимать его в кулаке. Раух-топаз помогает справиться с такими заболеваниями, как алкоголизм, наркомания. Помогает легче бросить курить.

Дымчатый кварц активизирует первобытные инстинкты человека, делает его более жизнеспособным, стойким, мужественным, способным преодолеть любое препятствие. Он делает своего владельца активным, жизнерадостным, неутомимым в работе. Мистики считают, что дымчатый кварц помогает поднимать мысли из темноты подсознания в область озарения и сверхсознания. Недаром буддисты называют этот минерал «камнем Будды». Дымчатый кварц – один из самых «энергетических» темных камней мира. Древние индусы верили, что он выводит из организма негативную энергию и шлаки. Также считается, что украшения из дымчатого кварца нейтрализуют злобу и снимают раздражение. В качестве талисмана дымчатый кварц помогает своему владельцу овладеть накопленной человечеством мудростью, развить природные способности, привлекает удачу, успех, симпатию окружающих людей.

Аметист

Аметист (др.-греч. α- «не» + μέθυσος «пьяница») — синяя, синевато-розовая или красно-фиолетовая разновидность кварца. Встречается обычно в виде свободно сидящих в пустотах и жилах среди кристаллических горных пород кристаллов и их сростков. Кристаллы образованы комбинацией плоскостей призмы и ромбоэдра, причём из всех кварцев именно для аметиста характерной чертой является преобладание граней ромбоэдра. Реже кристаллы имеют длиннопризматический или скипетровидный облик. Обычен в друзах и кристаллических щётках внутри агатовых жеод и в миндалинах и трещинах вулканических пород. Название аметиста происходит из древнегреческого языка, где означает «не пьяный» или «неопьяняющий», и выражает собою поверие древних, что аметист предохраняет его владельца от пьянства. Красивый фиолетовый или вишнёво-синий цвет аметиста, которым он только и отличается от простого кварца и горного хрусталя, обусловлен не следами окислов железа и марганца, как думали прежде, а примесью органического красящего вещества.

Для аметиста характерна незначительная переменчивость окраски в зависимости от освещения. Устойчивость окраски аметистов из разных месторождений неодинакова; так,

кристаллы аметиста из хрусталеносных жил как правило устойчивы даже к прямому солнечному свету, в то время как аметисты, находимые в жеодах среди осадочных пород обычно быстро выцветают под действием даже рассеянного солнечного света. При прокаливании уже около 250° аметист теряет свою окраску, переходящую постепенно в жёлтую или зеленоватую, и становится бесцветным. Этим свойством аметиста пользуются часто шлифовальщики, пуская в ход искусственно обесцвеченные аметисты под видом аквамарин или топазов. Наиболее ценимые по своей окраске и качеству уральские аметисты отличаются тем, что при искусственном освещении окрашиваются в красивый фиолетово-красный цвет, между тем как, например, бразильские аметисты при этих условиях несколько сереют.

Иногда аметист заключает в себе тонкие кристаллические пластинки гематита или игольчатые кристаллики гётита и тогда получает название «волосистого». Обычны для кристаллов аметиста, в особенности для крупных, жидкие и газовой-жидкие включения; часто они имеют форму тончайших трубок-каналцев с пережимами и располагаются по радиусам от центра роста. [Балицкий В.С. и др., 1981]



Рис.5. Аметист [<http://www.liveinternet.ru/users/sergia/post116423806/>]

Красивые друзы и кристаллы аметиста встречаются у Оберштейна в Биркенфельде, в Циллертале, в Зибенбюргене, Хемнице, у дер. Ватиха и Липовой близ Мурзинки на Ср. Урале, крупные кристаллы ювелирного качества на Приполярном Урале, на о. Цейлон, у бухты Св. Марии (St. Marys Bay), в Северной Америке и в особенно значительном количестве в Бразилии.

Уникальное в своём роде месторождение «Мыс Корабль» находится на Кольском полуострове. Это месторождение известно аметистовыми щётками с ровной и иногда достаточно тёмной фиолетовой окраской. В последние десятилетия освоена технология (впервые в институте ФИАН в г. Александров) искусственного выращивания крупных (до 20-30см.) кристаллов аметиста. Они в большом количестве обрабатываются главным образом в виде огранённых камней для вставок в ювелирные изделия, поступают в торговую сеть и в ряде случаев выдаются за натуральные. Отличить же их от натуральных только по внешнему виду бывает непросто даже искущённому ценителю или специалисту, а их объективная стоимость, естественно, намного ниже. Качественные аметисты добывают на Урале, в Уругвае и Бразилии. На Руси аметистами украшали иконы, алтари, наперсные кресты и панагии. Корона русской царицы Ирины Годуновой была украшена огромными аметистами фиолетового цвета, которые чередовались с сапфирами. [Балицкий В.С. и др., 1981]



Рис. 6. Друза аметиста [<http://www.stihi.ru/2009/11/24/1378>]

Цитрин

Цитрин — минерал, полудрагоценный камень, разновидность горного хрусталя. Название произошло от лат. citrus — лимонно-жёлтый. Окраска от светло-лимонной до янтарно-медовой. Прозрачный. Силикат кремния (SiO_2), сингония тригональная. Часты двойники, образует достаточно крупные прозрачные и хорошо огранённые кристаллы и их друзы, зёрна и зернистые агрегаты. Как и все кварцы, обладает пьезоэлектрическими свойствами. Твёрдость 7; плотность 2,65 г/см³.

Окраска цитринов обусловлена присутствием примесей трёхвалентного железа, находящегося в структуре кварца в тетраэдрической позиции, или же связана с дефектами,

возникающими при замене четырёхвалентного кремния на трёхвалентный алюминий с компенсацией валентности ионами лития и водорода.

Цитрин + аметист = Аметрин.

Форма и свойства кристаллов (за исключением окраски) полностью идентичны кристаллам аметиста. Желтый цвет кристаллам цитрина придают примеси железа, равно как и кристаллам аметиста. Благодаря этому свойству иногда образуются кристаллы Аметрина - аметист-цитринового кварца, т.е. кристаллы с зональным разделением цитрина и аметиста.

Версии образования Аметрина.

1. Такое разнообразие цветов от одной и той же примеси обусловлено тем, что железо, вызывающее аметистовую окраску накапливается в области роста главного ромбоэдра, а цитриновую - малого ромбоэдра. И при смене направления питающего потока менялась и зона отложения окрашивающей примеси.

2. Во время роста кристаллов аметиста (при равномерном распределении примеси) кристаллы подвергались тепловому воздействию со стороны вмещающей породы, нагретую в результате магматической деятельности, изменяя тем самым окраску аметиста на цитриновую. [Балицкий В.С. и др., 1981]



Рис.7. Цитрин [<http://www.goldi.ru/k2.htm>]

Зеленый кварц.

Празем – это полупрозрачный зеленый кварц, название которого произошло от греческого "празинос" - светло- или луково-зеленый. Окрас камня обусловлен включениями волокон актинолита (кальциево-магнезиального силиката). Зеленый кварц используется для изготовления бус, браслетов. Обработанный в форме кабошонов, вставляется в ювелирные украшения. Мистики считают, что зеленый кварц помогает унять страсти, снять

раздражительность. Можно не доверять мистикам, но нельзя не согласиться, что зеленый цвет - цвет самой природы. Он умиротворяет, успокаивает, положительно влияет на эмоциональное состояние человека. Глаза отдыхают, глядя на зеленый цвет. В наше беспокойное время многие испытывают тревогу, подвержены нервным срывам. Изделия с зелеными камнями, в частности, с зеленым кварцем способны внести гармонию и стабилизацию, распространить качества, в которых так нуждаются люди.

Заключение

В заключение я хочу сказать, что кварц является одним из самых распространенных минералов на Земле. Он имеет широкое применение в таких сферах как:

1) Оптических устройства. Обладая наименьшим среди стёкол на основе SiO_2 показателем преломления ($n_D = 1,4584$) и наибольшим светопропусканием, особенно для ультрафиолетовых лучей применяется для изготовления линз из киаца в анастигматах, где требуется использование оптических материалов с большим диапазоном коэффициентов преломления. В настоящее время широкое применение линз из Кварца связано также с современным уровнем технологий получения и обработки твердых оптических материалов из кварца. Он незаменим в изготовлении оптических систем и элементов с широкими и новыми возможностями управлять электромагнитными излучениями в зоне от 2 мм - 760 нм видимого спектра излучения, в зоне 380 - 3 нм УФ-лучей;

2) Генераторах ультразвука;

3) Телефонная и радиоаппаратура (как пьезоэлектрик);

4) В больших количествах потребляется стекольной и керамической промышленностью (горный хрусталь и чистый кварцевый песок) Также применяется в производстве кремнезёмистых огнеупоров и кварцевого стекла;

5) Ювелирном дело.

В своей курсовой работе я провел анализ литературных данных для кварца и его разновидностей. Подробно рассмотрел известные данные о кристаллографии и о синтетическом кварце.

Список литературы

1. Балицкий В.С., Лисицына Е.Е. "Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней", М. 1981
2. Здорик Т.Б., Фельдман Л.Г. "Минералы и горные породы", т.1, М.,1998
3. Кустов В.В. "Минералогия", М. 1982
4. Хаджи В.Е., Цинобер Л.И. "Синтез минералов", М. 1987
5. Ссылки на сайты из интернета:
(<http://photo.tcw.ru/i/430/200/19004.jpg>),
(<http://www.goldi.ru/k2.htm>), (<http://www.stihi.ru/2009/11/24/1378>),
(<http://www.liveinternet.ru/users/sergia/post116423806/>),
(<http://ru.wikipedia.org>)
(<http://www.liveinternet.ru/photo/2913644/post18614426/>),
(http://geo.web.ru/druza/m-quartz-F_Ru.htm),
(<http://www.krugosvet.ru/uploads/enc/images/24/1236329899963c.jpg>)
(<http://www.geo-rus.ru/kvarc.htm>)
(<http://www.jeweller-info.ru/?action=quartz>)