Ученые записки Таврического национального университета имени В.И.Вернадского Серия «Физика». Том 20 (59). 2007 г. № 1. С. 64 - 73

УДК 548.54, 548.522

ГАЗОТРАНСПОРТНЫЙ СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЯ ИЗОМЕТРИЧНЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ БОРАТА ЖЕЛЕЗА

Панкратов А.К., Стругацкий М.Б., Ягупов С.В.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина E-mail: strugatsky@tnu.crimea.ua

Синтезированы изометричные монокристаллы бората железа, пригодные для исследований поверхностного магнетизма и магнитоакустических эффектов. Изучены морфологические особенности полученных образцов.

Ключевые слова: борат железа, газовый транспорт, газовая фаза

введение

Традиционный способ выращивания монокристаллов бората железа – растворрасплавная кристаллизация [1 – 5]. В этом случае образцы обычно вырастают в виде тонких (50÷100мкм) пластин, поверхность которых параллельна базисной плоскости (0001). Для наших целей исследования поверхностного магнетизма кристаллы такой формы не подходят из-за отсутствия небазисных граней. Тонкие базисные пластины оказываются также малопригодными для проводимого нами комплексного изучения эффектов магнитного двупреломления звука. Все это привело к необходимости поиска методов синтеза, позволяющих выращивать объемные монокристаллы FeBO₃. Здесь весьма перспективными оказались газофазные методы [6], которые условно можно разделить на два: метод газового транспорта и метод синтеза из газовой фазы.

Суть метода газового транспорта состоит в следующем. Поликристаллическое вещество ABX_2 вступает в химическую реакцию с газом-носителем с образованием газообразных соединений. Эти соединения, благодаря температурному и/или концентрационному градиенту в ростовой зоне, перемещаются в область, где указанная химическая реакция идет в обратном направлении. При этом образуются монокристаллы ABX_2 и газ-носитель, который снова перемещается в область расположения поликристаллов. Процесс продолжается непрерывно до тех пор, пока поликристаллическое вещество не исчерпается. Параметрами, определяющими газовый транспорт, могут быть температура, температурный градиент, давление газа-носителя. Все эти параметры подбираются с учетом свойств конкретного вещества, монокристаллы которого хотят получить.

Метод синтеза из газовой фазы монокристаллического соединения ABX₂ сводится к следующему. Исходные двухкомпонентные твердофазные или жидкофазные реактивы AX и BX, взаимодействуя с газами, образуют соединения в газовой фазе. При этом газы-носители для AX и BX могут различаться. Образующиеся газофазные соединения, перемещаясь в ростовой зоне благодаря температурному и / или концентрационному градиенту, вступают в химическую

реакцию между собой с образованием монокристаллов ABX₂ и исходных газовносителей. Процесс синтеза монокристаллов завершается, когда двухкомпонентные реактивы исчерпаются.

1. СИНТЕЗ

Одним из несомненных достоинств газофазных методов синтеза является предсказуемость результатов. Термохимические расчеты условий синтеза FeBO₃ можно провести на основе выражения для свободной энергии Гиббса:

$$\Box G_T = \Box G_T^0 + RT \ln K \,, \tag{1}$$

где $ДG_T^0 = ДH_{298}^0 - T ДS_{298}^0$, $ДH_{298}^0$ – энтальпия образования вещества при

температуре 298 К и стандартном давлении (1 атм.); $\[mu]S_{298}^0$ – энтропия при тех же условиях; К – константа, которая в равновесных условиях становится константой равновесия К_P. Метод газового транспорта предполагает, что химические реакции, ведущие к синтезу монокристаллов бората железа должны быть обратимы: в пределах ростовой зоны они идут и в ту, и в другую сторону. Если температурный градиент не слишком велик, то условия в ростовой зоне близки к равновесным. В этом случае величины $\[mu]G_T$ близки к нулю. Анализ показывает, что с целью синтеза монокристаллов FeBO₃ всем этим требованиям можно удовлетворить, если использовать транспортную реакцию [1]

$$< FeBO_{3} > +3(Cl_{2}) + \frac{3}{8}(S_{2}) \leftrightarrow (FeCl_{3}) + (BCl_{3}) + \frac{3}{4}(SO_{2}) + \frac{3}{4}(O_{2}).$$
(2)

Здесь < > – твердое тело, () – газ. Температуру процесса удобно выбрать близкой к 1000К, поскольку в этом случае при разумном градиенте $\Delta T \sim 100$ К химическое соединение FeBO₃ ещё устойчиво. Однако, разложение бората железа может происходить и при этой температуре из-за различия транспортных свойств его компонент. Чтобы не допустить разложения, в ростовой зоне нужно поддерживать весьма высокие парциальные давления газов. Например, расчетная величина парциального давления (FeCl₃) составляет 6 ÷ 7 атм. Высокое давление газов делает проблематичной экспериментальную реализацию газотранспортного синтеза на основе (2).

При недостаточном давлении разложение FeBO₃ будет происходить из-за недостаточного транспорта бора в рассмотренной системе. Бор лучше переносится, если в качестве транспортного агента взять (HCl). Здесь мы переходим к рассмотрению еще одного метода выращивания монокристаллов FeBO₃ – синтезу из газовой фазы.

Рассмотрим следующую транспортную, систему:

$$< Fe_2O_3 > +6(HCl) \leftrightarrow 2(FeCl_3) + 3(H_2O),$$
(3)

$$\{B_2 O_3\} + (H_2 O) \leftrightarrow 2(HBO_2), \tag{4}$$

$$(FeCl_3) + (HBO_2) + (H_2O) \leftrightarrow < FeBO_3 > +3(HCl).$$
(5)

Здесь { } – жидкость. В этом случае двухкомпонентные соединения переносятся разными газами-носителями. Когда идет реакция (3), образуется новый транспортный агент, который, однако, будет переносить только B₂O₃.

Если в ростовой зоне отдельно расположить $\langle Fe_2O_3 \rangle$ и $\{B_2O_3\}$, то при определенной температуре и давлении (HCl) реакции (3) и (4) будут обеспечивать исходные вещества для синтеза FeBO₃ в соответствии с уравнением (5).

Оценим свободную энергию синтеза $FeBO_3$ для случая, когда Fe_2O_3 и B_2O_3 транспортируются в условиях, близких к равновесным. Для этого запишем следующие уравнения:

$$\Box G_{T}(3) = \Box G_{T}^{0}(3) + RT \ln K_{P}(3) = 0, \qquad (6)$$

$$\Box G_T(4) = \Box G_T^0(4) + RT \ln K_P(4) = 0,$$
(7)

$$\Box G_{T}(5) = \Box G_{T}^{0}(5) + RT \ln K(5).$$
(8)

Константы К и К_Р выражаются через парциальные давления газов в системе:

$$K_{P}(3) = \frac{P(FeCl_{3})P^{3/2}(H_{2}O)}{P^{3}(HCl)},$$

$$K_{P}(4) = \frac{P(HBO_{2})}{P^{1/2}(H_{2}O)},$$

$$K(5) = \frac{P^{3}(HCl)}{P(FeCl_{3})P(HBO_{2})P(H_{2}O)}.$$

Подставляя эти константы в (6), (7) и (8), а затем, складывая уравнения, получим:

$$\Box G_T(5) = \Box G_T^0(3) + \Box G_T^0(4) + \Box G_T^0(5).$$
(9)

Сумму (9) легко определить, используя термохимические данные, приведенные в [1]. В этом случае при T = 1000К находим:

$$\square G_T(9) = \square G_T^0(7) + \square G_T^0(8) + \square G_T^0(9) = -10, 1 \frac{\kappa \kappa \alpha \pi}{MO \pi b} .$$

Полученный результат свидетельствует о том, что синтез FeBO₃ в данном случае должен осуществляться с достаточно высокой скоростью.

Отметим еще следующее обстоятельство. При синтезе химического соединения $FeBO_3$ из газовой фазы на основе реакций (3), (4) и (5) можно не заботиться о близости условий синтеза к равновесным, поскольку указанные реакции в процессе синтеза идут только в одном направлении. Однако кристаллы высокого качества могут быть выращены лишь при сравнительно низкой скорости протекания химических реакций, т.е. при использовании режимов, близких к равновесным.

Из двух рассмотренных возможностей выращивания монокристаллов FeBO₃ для экспериментального воплощения мы выбрали вторую – метод синтеза из газовой фазы. Это связано с относительной простотой и безопасностью экспериментов. Дело в том, что рабочее давление газа здесь может быть существенно ниже, чем при использовании метода газового транспорта.

Схема экспериментов такова. Исходные реактивы, Fe_2O_3 и B_2O_3 , помещаются в отдельные платиновые лодочки, которые затем располагаются в кварцевой ампуле. После этого ампула тщательно откачивается, заполняется хлористым водородом до определенного давления и затем герметически запаивается. Синтез $FeBO_3$ осуществляется в безградиентной температурной зоне горизонтальной ростовой печи, где ампула выдерживается при неизменной температуре в течение некоторого (обычно довольно продолжительного) времени.

Существенное усовершенствование рассмотренной схемы достигнуто нами путем использования затравочных монокристаллов FeBO₃. В этом случае рост осуществляется при пониженном по сравнению со спонтанным ростом [6] давлении (HCl), что ведет к значительному улучшению качества получаемых кристаллов. Затравочные кристаллы, выращенные из раствора в расплаве или из газовой фазы, отбирались с учетом их огранки по результатам измерений ФМР. В наших экспериментах давление хлористого водорода обычно составляло 0,6 ÷ 0,8 атм. Температура процесса поддерживалась около 1000К. Продолжительность ростовых процессов составляла от 20 до 40 суток. По окончании процесса кристаллизации ампула извлекалась из остывшей печи и вскрывалась алмазной пилой. На месте затравок обнаруживались крупные объемные монокристаллы FeBO₃ с хорошей огранкой. Размеры образцов достигали 1 см в поперечнике. Большинство граней имело зеркальный блеск. Кристаллы, выросшие спонтанно, обнаруживались в ампуле в очень малом количестве. Они всегда оказывались очень мелкими (менее 1 мм) и иногда представляли собой сростки. На рис.1 изображена извлеченная из ампулы платиновая лодочка, в которой хорошо видны два крупных монокристалла FeBO₃, выросших из двух затравок.

Установлено, что на форму кристаллов определенным существенным образом влияет форма и место расположения затравки в ампуле. Это дает возможность в какой-то степени планировать результаты ростовых экспериментов.



Рис.1. Лодочка с выросшими в ней кристаллами FeBO₃

2. МОРФОЛОГИЯ

Несмотря на кажущееся многообразие форм кристаллов бората железа, синтезированных нами из газовой фазы, их можно условно разделить по внешнему виду на три большие группы [7]: ромбоэдрические, пирамидально-призматические и таблеточные (рис. 2). На рис. 3 представлены модели кристаллов, относящихся к указанным группам.

Кристаллы первой группы имеют форму ромбоэдра (рис.2а и 3а) с гранями {0112}. Напомним. простой формы что простой формой называется многогранник, все грани которого можно совместить друг с другом с помощью преобразований симметрии, свойственных данному кристаллу [8]. Индексы трех граней (0112), $(1\bar{1}02)$ И $(\bar{1}012)$ получаются циклической верхних перестановкой первых трех индексов. Индексы нижних граней получаются из индексов верхних одновременной заменой знаков всех индексов на противоположные. Угол между соседними ребрами этих граней, сходящимися к оси третьего порядка в вершине ромбоэдра, равен 79,92°. Будем называть этот ромбоэдр основным. Наряду с гранями простой формы {0112} кристаллы этой группы имеют грани простой формы {0001} (базисный пинакоид). Эти грани в большей или меньшей степени срезают вершины ромбоэдра. В нашей практике не встречались кристаллы, естественная огранка которых включала бы грани только этих двух простых форм. Ребра основного ромбоэдра (реберная форма $<11\overline{3}>$ в ромбоэдрической системе координат), сходящиеся к его вершинам, у наших кристаллов всегда срезаны в большей или меньшей степени гранями другого ромбоэдра простой формы {1014} (рис. За). Условно назовем этот ромбоэдр обратным. Его грани параллельны срезаемым ребрам. Обратный ромбоэдр повернут относительно основного вокруг оси C₃ на 60°.

Примечательной особенностью граней обратного ромбоэдра является их прямоугольная форма, поскольку при пересечении этих граней с гранями основного ромбоэдра и базисного пинакоида образуются взаимно ортогональные ребра (рис. 3). Эта особенность граней позволяет визуально выделять их среди остальных и идентифицировать грани перечисленных трех простых форм.

Остальные шесть ребер основного ромбоэдра, не пересекающих ось симметрии третьего порядка, срезаны гранями шестигранной призмы простой формы $\{11\overline{2}0\}$ (рис. 3а).

Внешняя форма следующей большой, пирамидально-призматической, группы (рис. 2б) нередко имеет ось симметрии шестого порядка. Наиболее развитыми гранями у кристаллов, относящихся к этой группе, обычно являются грани простой формы {1123}, образующие шестигранную бипирамиду, и шесть граней призмы

{1120}. Вершины пирамиды обычно срезаны гранями базисного пинакоида. Наряду с гранями указанных трех простых форм, кристаллы рассматриваемой группы всегда имеют грани основного и/или обратного ромбоэдра. Одну из

разновидностей таких кристаллов с гранями всех перечисленных простых форм представляет модель на рис. 36. Обратим внимание на то, что некоторые из двенадцати граней бипирамиды {1123} часто имеются и у кристаллов ромбоэдрической группы.

Отметим, что на рис. 3 указаны лишь номера граней, а не их индексы (hkil) в гексагональной системе координат. Каждая из упомянутых пяти простых форм имеет свое значение индекса I (0, 1, 2, 3 и 4). Поэтому для краткости иногда удобно всю форму обозначать ее индексом I. В принятой нами системе обозначений номер грани определяется двумя числами lm. Здесь m – порядковый номер грани с заданным l при обходе вокруг оси третьего порядка.

Кристаллы таблеточной группы имеют вид шестигранной призмы с малым расстоянием между основаниями (рис. 2в, 3в). Верхние и нижние углы этой призмы по периметру обеих базисных граней притуплены гранями основного и обратного ромбоэдров.



Рис. 2. Кристаллы ромбоэдрической (а), пирамидально-призматической (б), таблеточной (в) форм



Рис. 3. Модели внешней формы кристаллов трех групп: ромбоэдрической (а), пирамидально-призматической (б), таблеточной (в)

В качестве затравок для дальнейшего разращивания мы, как правило, использовали кристаллы таблеточной группы. Поэтому представляет особый интерес обсуждение морфологии этих кристаллов. Из них можно выделить три разновидности. У первой разновидности шесть верхних углов призмы срезаны поочередно то гранью формы 2 (1 = 2), то гранью формы 4 (1 = 4). При этом на одном и том же ребре призмы под гранью формы 2 расположена грань формы 4 и, наоборот. Грани этих форм, срезающие концы одного и того же ребра призмы, будем называть противолежащими, а соседние по периметру грани - прилежащими. Мы обнаружили, что при разращивании таких кристаллов получаются монокристаллы первой группы (ромбоэдрической формы) типа изображенного на рис. За. Это и неудивительно, поскольку чередование граней форм 2 и 4 у синтезированного образца точно такое же как у исходного затравочного кристалла.

У второй разновидности таблеточных кристаллов верхние углы призмы срезаны гранями формы 4, а нижние – гранями формы 2. Эти кристаллы особенно привлекательны правильностью внешней формы. Заметим, что и в этом случае на разных концах одного и того же ребра призмы расположены грани разных форм. Как показал опыт, из этих кристаллов вырастает верхняя или нижняя половина изображенного на рис. Зб кристалла. Далее мы покажем, что это скрытые двойники прорастания.

У третьей разновидности таблеточных кристаллов и верхние, и нижние углы гексагональной призмы срезаны гранями одного из двух ромбоэдров. Как показывает наш опыт, из таких затравок вырастают кристаллы, соответствующие модели, изображенной на рис. Зб. Это два скрытых двойника прорастания, сращенных по базисной плоскости (пунктир).

Симметрийный анализ позволяет заключить, что прилежащие И противолежащие грани прямого или обратного ромбоэдров не могут принадлежать одной простой форме. Различие внешне эквивалентных (связанных осью С₆, которая относится только к внешней форме, но не содержится среди элементов симметрии кристаллической структуры) граней, принадлежащих к разным простым формам, очень хорошо проявляется при рассмотрении не гексагональных (hkil), а ромбоэдрических (HKL) индексов граней. Например, в гексагональной системе координат внешне эквивалентные грани имеют индексы $(10\overline{1}4)$ и $(10\overline{1}\overline{4})$. В ромбоэдрической же системе координат грань $(10\overline{1}4)$ имеет индексы (211), а грань $(10\overline{1}\overline{4})$ – индексы $(\overline{25}\overline{5})$. Большие значения индексов в последнем случае должны свидетельствовать о малой вероятности появления соответствующих граней в естественной огранке кристалла (см. ниже). Важной характеристикой грани является ретикулярная плотность о, пропорциональная межплоскостному расстоянию. Мы рассчитали ретикулярные плотности для всех типов граней, встречающихся в естественной огранке синтезированных кристаллов. Грани, соответствующие одинаковым ретикулярным плотностям образуют простую форму. Оказалось, что этому критерию удовлетворяют шесть боковых граней призмы $\{11\overline{2}0\}$ и все двенадцать граней бипирамиды $\{11\overline{2}3\}$. Такой результат понятен, поскольку прилежащие грани для каждой из упомянутых форм связаны плоскостью симметрии. Принадлежность к одной простой форме противолежащих граней бипирамиды обеспечивается в этом случае другими элементами симметрии кристалла. Граням же прямого и обратного ромбоэдров соответствуют по две ретикулярные плотности, что свидетельствует о существовании двух простых форм {0112}, {1012} прямого ромбоэдра и двух простых форм {1014} и {0114} обратного ромбоэдра. Заметим, что полный набор граней каждой из указанных простых форм получается путем циклической перестановки первых трех индексов и одновременной сменой знаков у всех индексов. Как прямые, так и обратные ромбоэдры повернуты вокруг оси C₃ друг относительно друга на 60°.

Однако, рентгеновские исследования выявили для граней прямого и обратного ромбоэдров только по одной, большей, ретикулярной плотности, что, в свою очередь, означает существование только одной простой формы прямого $\{01\overline{1}2\}$ и одной простой формы обратного $\{10\overline{1}4\}$ ромбоэдров. Как и ожидалось, грани нереализуемых ромбоэдров включают большие значения индексов в ромбоэдрической системе координат. В связи с этим, обратим внимание на

принципиальную ошибку, обнаруженную нами в обзоре [7]. В качестве основного и обратного ромбоэдров FeBO₃ авторы обзора выбрали ромбоэдры с гранями малой ретикулярной плотности, которые не образуются.

грани естественного роста Как известно, отличаются ОТ других кристаллографических плоскостей большой ретикулярной плотностью. Здесь мы вплотную подошли к проблеме двойникования FeBO3. Борат железа относится к пространственной группе D_{3d}^6 . На рентгенограмме вращения индексы рефлексов этих кристаллов должны удовлетворять условию h - k + l = 3n или -h + k + l = 3nв зависимости от выбора системы координат. Мы получили рентгенограммы вращения кристаллов таблеточной группы. Образцы ориентировались трансляцией а вдоль оси вращения. При этом рентгеновский пучок освещал весь кристалл размером ~ 0,5 мм.

От кристаллов с противолежащими и прилежащими гранями разных форм (первая разновидность таблеточных кристаллов, см. выше) $\{01\overline{1}2\}$ и $\{10\overline{1}4\}$ получены рефлексы, индексы которых удовлетворяют одному из приведенных выше условий. При этом другому условию могут удовлетворять индексы только тех рефлексов, у которых h = k, u l = 3n или же h - k = 3n' и l = 3n''. Это означает, что такие кристаллы не являются двойниковыми. Они представляют собой одиночные монокристаллы. Из таких кристаллов, используемых в качестве затравок, обычно вырастают кристаллы ромбоэдрической группы.

На рентгенограммах вращения, полученных от других разновидностей кристаллов таблеточной группы появляются рефлексы, которые можно разделить на три примерно равновеликие группы. Индексы этих рефлексов удовлетворяют условию h + k + l = 3n или -h + k + l = 3n, или обоим условиям одновременно. Следовательно, эти кристаллы являются скрытыми двойниками. При дальнейшем разращивании из них получаются кристаллы типа модели, изображенной на рис. Зб или ее части, отсекаемой по пунктирной линии. След плоскостей двойникования хорошо виден на гранях призмы $\{11\overline{2}0\}$ при протравливании кристалла. Ямки травления игольчатой формы развернуты примерно на 30° по обе стороны от плоскости двойникования. Плоскости двойникования видны на гранях призмы $\{11\overline{2}0\}$ и при наблюдении доменной структуры с помощью магнитной суспензии. Плоскости двойникования проходят вдоль оси третьего порядка и осей второго порядка (нормали к граням призмы), то есть совпадают с плоскостями формы $\{10\overline{1}0\}$. Этот вывод согласуется с топограммой скрытого двойника, приведенной в [7].

Таким образом, диагностическими гранями в отношении скрытых двойников $FeBO_3$ являются грани естественной огранки лишь двух из пяти простых форм $\{01\bar{1}2\}$ и $\{10\bar{1}4\}$. По расположению этих граней на затравочном кристалле размерами обычно менее 1 мм, можно предсказать, какого типа кристалл вырастет из такой затравки. Если на затравочном кристалле прилежащими и противолежащими являются грани двух разных диагностических форм, то из него вырастет одиночный монокристалл (не являющийся двойником). Если на

затравочном кристалле прилежат грани одной формы, а противолежат грани разных диагностических форм, то следует ожидать появления скрытого двойника с плоскостями двойникования $\{10\overline{1}0\}$. Затравка, содержащая прилежащие и противолежащие грани одной диагностической формы, должна привести к синтезу дважды двойника: к плоскостям двойникования $\{10\overline{1}0\}$ добавится и плоскость срастания (0001) (рис. 3б).

Несмотря на большие технологические сложности газофазного синтеза монокристаллов бората железа, наши усилия все же оправданы. Получены изометричные образцы FeBO₃, пригодные для исследования множества новых интересных эффектов, в частности, таких как поверхностный магнетизм и магнитное двупреломление звука.

Список литературы

- 1. Bernal L., Struck C.W., Whitte T. G. New Transition Metal Borates with Calcite Structure//Acta Cryst. 1963. V.16. № 8. P.849-850.
- Аваева И.Г. Выращивание кристаллов метабората железа FeBO3// Труды 4 Всесоюзного совещания по росту кристаллов. Цахкадзор. 1972. - Ч.1. - С.147-148.
- А.С. 1059029 (СССР). Способ получения монокристаллов FeBO3 из раствора-расплава /Безматерных Л.Н., Мащенко В.Г., Чихачев В.А., Близняков В.С. - Опубл. в Б. И. 1983. Бюл. №45.
- 4. Umeraura S., Okuda T., Taushima. Crystal growth of undoped and nonmagnetic ion doped FeBO3 and Fe3BO6// Abstract of the 5 th Annual Conference on Magnetic in Japan: 1973. 21 a A-5. P. 7-8.
- 5. 5.Руденко В.В., Селезнев В.Н., Смолин Р.П. Выращивание магнитоупорядоченных кристаллов FeBO3 и FeBO6 в борат-свинцовом растворителе// Труды 4 Всесоюзного совещания по росту кристаллов. Цахкадзор. - 1972. - Ч.1. - С.149 - 151.
- 6. Diehl R., Rauber A., Friedrich F. Vapor Growth of Bulk FeBO3 Single Crystals.// J. Cryst. Growth. 1975. V.29. № 2. P.225-233.
- Diehl R., Tantz W., Nolang B. I., Wetlling W. Growth and Properties of Iron Borate, FeBO3// Current Topics in Materials Science. Uppsala.- 1984. - V.11. - Ch.3. - P.241-387.
- 8. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1975. 680 с.

Панкратов А.К., Стругацький М.Б., Ягупов С.В. Газофазний синтез і морфологія ізометричних монокристалів борату заліза // Учені записки Таврійського національного університета ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Фізика». - Т. 20 (59). - № 1. - С. 64 - 73.

Синтезовано ізометричні монокристали борату заліза, підхідні до досліджень поверхневого магнетизму та магнітоакустичних ефектів. Вивчено морфологічні особливості отриманих примірників.

Ключові слова: борат заліза, газовий транспорт, газова фаза

Pankratov A.K., Strugatsky M.B., Yagupov S.V. Gas-phase synthesis and morphology of isometric Iron Borate monocrystals // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. – 2007. – Series «Fizika». – V. 20 (59). - № 1. – P. 64 - 73.

Isometric Iron Borate monocrystals suitable for investigations of surface magnetism and magnetoacoustic effects have been synthesized. It has been researched morphologic peculiarities of the samples obtained. *Keywords:* Iron Borate, gas transport, gas phase

Поступила в редакцию 15.12.2006 г.