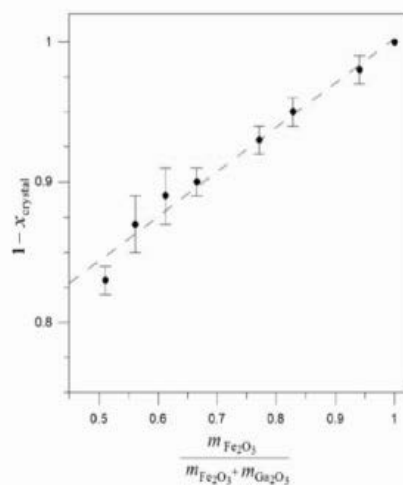
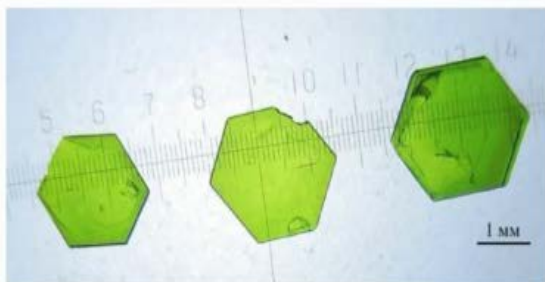




Фиг. 1. Зависимость содержания железа в синтезированных монокристаллах $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$ от состава шихты



Фиг. 2. Синтезированные монокристаллы $\text{Fe}_{0.95}\text{Ga}_{0.05}\text{BO}_3$



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования
«Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского»

295007 Республика Крым, г. Симферополь,
проспект Академика Вернадского, 4

Отдел интеллектуальной собственности

Начальник отдела:
Бондаренко Даниил Владимирович
Тел. раб. +7(3652)51 08 69
Тел. моб. +7(978) 618 63 17
[E-mail:work.daniil@mail.ru](mailto:work.daniil@mail.ru)

г. Симферополь, ул. Ялтинская, 20, каб. 308

КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.И. ВЕРНАДСКОГО



Отдел интеллектуальной
собственности

**ФИЗИКА ТВЕРДОГО
ТЕЛА № 1**

2026 г.

Патент на изобретение № 2865601

Авторы:

**Ягупов Сергей Владимирович,
Могиленец Юлия Александровна,
Стругацкий Марк Борисович,
Селезнева Кира Андреевна,
Наухацкий Игорь Анатольевич,
Снегирёв Никита Игоревич,
Любутин Игорь Савельевич**

Способ выращивания монокристаллов $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$

Изобретение относится к неорганической химии и может быть использовано в магнитных, оптических, магнитооптических, рентгеновских и резонансных исследованиях, а также в синхротронных технологиях нового поколения. Готовят шихту, содержащую, мас.%($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Ga}_2\text{O}_3$) - 4,9; B_2O_3 - 58,3; PbO - 25,0; PbF_2 - 11,8. Приготовленную шихту наплавляют небольшими порциями в платиновый тигель при 870°C , который затем устанавливают в безградиентную зону ростовой печи и нагревают для плавления до 900°C за 4 ч. В полученный раствор-расплав опускают платиновый кристаллодержатель, вращая его со скоростью 20-60 об/мин, и гомогенизируют при этой температуре, выдерживая в течение 20-24 ч. После этого циклически проводят температурные броски, заключающиеся в резком охлаждении с выдержкой и нагреве с выдержкой. На первом и втором циклах температурных бросков резко снижают температуру до $800-820^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 2-4 ч, затем нагревают до 900°C за 20 мин и выдерживают при этой температуре 4-12 ч. На третьем цикле резко снижают температуру до $800-810^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 2-3 ч, затем нагревают до $830-835^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 3-4 ч. После проведения указанных температурных бросков резко снижают температуру за 15 минут до $805-810^\circ\text{C}$ и проводят изотермическую выдержку в течение 0,5-1 ч, во время которой выключают вращение кристаллодержателя. Затем ведут плавное охлаждение со скоростью $0,1-0,3^\circ\text{C}/\text{ч}$ до 780°C , высвобождают синтезированные кристаллы из тигля путём плавного извлечения из него кристаллодержателя со скоростью 0,5 см/мин. Окончательное охлаждение печи проводят в течение 4-6 ч до температуры 500°C с последующим её выключением. Изобретение позволяет выращивать монокристаллы $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$, где $0 \leq x < 0,2$, в виде пластин размером до 5 мм в поперечнике. 2 ил., 3 В основу изобретения поставлена задача, разработать способ выращивания монокристаллов $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$.

Технический результат заключается в обеспечении возможности получения монокристаллов $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$ с содержанием галлия, где $0 \leq x < 0,2$. Способ реализуется следующим образом.

Шихту смешивают в соотношении, мас.%($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Ga}_2\text{O}_3$) - 4,9; B_2O_3 - 58,3; PbO - 25,0; PbF_2 - 11,8. При этом компоненты ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Ga}_2\text{O}_3$) = 4,9 мас.% берутся с учетом полученной экспериментальной зависимости, приведенной на Фиг. 1. (по горизонтальной оси отложено соотношение масс оксидов железа и галлия в шихте; по вертикальной - содержание ионов железа Fe^{3+} в синтезируемом кристалле; точками показаны средние значения (1 - xcrystal) в синтезированных кристаллах $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$, вертикальные отрезки демонстрируют разброс содержания железа в монокристаллах, извлеченных из одного тигля). Полученную шихту тщательно измельчают и перемешивают в механической мешалке в течение 8 часов. Наплавление шихты в платиновый тигель производят небольшими порциями (2-3 г) при температуре 870°C . Тигель с полученным раствор-расплавом устанавливают в безградиентную зону ($\Delta T = \pm 1^\circ\text{C}$) ростовой печи. Для плавления раствор-расплава осуществляют нагрев до 900°C за 4 часа. Затем опускают платиновый кристаллодержатель, вращая его со скоростью 20-60 об/мин, тем самым добиваясь перемешивания раствор-расплава. Температуру 900°C поддерживают в течение 20-24 часов, затем осуществляют следующие циклы температурных бросков: на первом и втором резко снижают температуру до $800-820^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 2-4 часа, затем нагревают до 900°C за 20 мин и выдерживают при этой температуре 4-12 часов, а на третьем цикле резко снижают температуру до $800-810^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 2-3 часа, затем нагревают до $830-835^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 3-4 часа. Затем проводят резкое охлаждение за 15 минут до $805-810^\circ\text{C}$, делают изотермическую выдержку 0,5-1 час, во время которой выключают вращение кристаллодержателя. Далее охлаждают со скоростью $0,1-0,3^\circ\text{C}/\text{час}$ до температуры 780°C , после чего кристаллодержатель плавно извлекают из тигля (0,5 см/мин), обеспечивая высвобождение синтезированных кристаллов. Затем продолжают охлаждение печи до 500°C за 4-6 часов и выключают.

Формула изобретения

Способ выращивания монокристаллов $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$, где $0 \leq x < 0,2$, включающий наплавление шихты в платиновый тигель, установку тигля в безградиентную зону ростовой печи, нагрев для плавления компонент за 4 часа, выдержку раствора-расплава, циклическое проведение температурных

бросков, заключающихся в резком охлаждении с выдержкой и нагреве с выдержкой, плавное охлаждение, высвобождение синтезированных кристаллов из тигля и окончательное охлаждение печи, отличающийся тем, что компоненты шихты берут в соотношении, мас.%($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Ga}_2\text{O}_3$) - 4,9; B_2O_3 - 58,3; PbO - 25,0; PbF_2 - 11,8, наплавление шихты проводят при температуре 870°C , а нагрев для плавления - до 900°C , в полученный раствор-расплав опускают платиновый кристаллодержатель, вращая его со скоростью 20-60 об/мин, и гомогенизируют при этой температуре, выдерживая в течение 20-24 ч, температурные броски проводят следующими циклами: на первом и втором резко снижают температуру до $800-820^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 2-4 ч, затем нагревают до 900°C за 20 мин и выдерживают при этой температуре 4-12 ч, а на третьем цикле резко снижают температуру до $800-810^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 2-3 ч, затем нагревают до $830-835^\circ\text{C}$ за 20 мин и выдерживают при этой температуре 3-4 ч, после проведения температурных бросков резко снижают температуру за 15 минут до $805-810^\circ\text{C}$ и проводят изотермическую выдержку в течение 0,5-1 ч, во время которой выключают вращение кристаллодержателя, плавное охлаждение ведут со скоростью $0,1-0,3^\circ\text{C}/\text{ч}$ до 780°C , синтезированные кристаллы высвобождают из тигля путём плавного извлечения из него кристаллодержателя со скоростью 0,5 см/мин, а окончательное охлаждение печи проводят в течение 4-6 ч до температуры 500°C с последующим её выключением.