



Бораты и силикаты как матрицы лазеров. Свойства и методы выращивания.

Студент

Преподаватель

Жукова Е. В.

Жариков Е.В.

Бораты

Кристаллы боратов щелочных и щелочно-земельных металлов представляют значительный интерес с точки зрения генерации и преобразования когерентного УФ излучения в твердотельных системах коротковолновой лазерной техники и интегральной оптики.

Бораты

К числу наиболее известных кристаллов этой группы относятся:

- ❖ бета-борат бария $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ (ВВО)
- ❖ триборат лития LiB_3O_5 (LBO)
- ❖ цезий- литиевый борат $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ (CLBO)

Бета-борат бария β -BaB₂O₄ (BBO)

Пр. гр. : R3C

Точечная группа: 3m

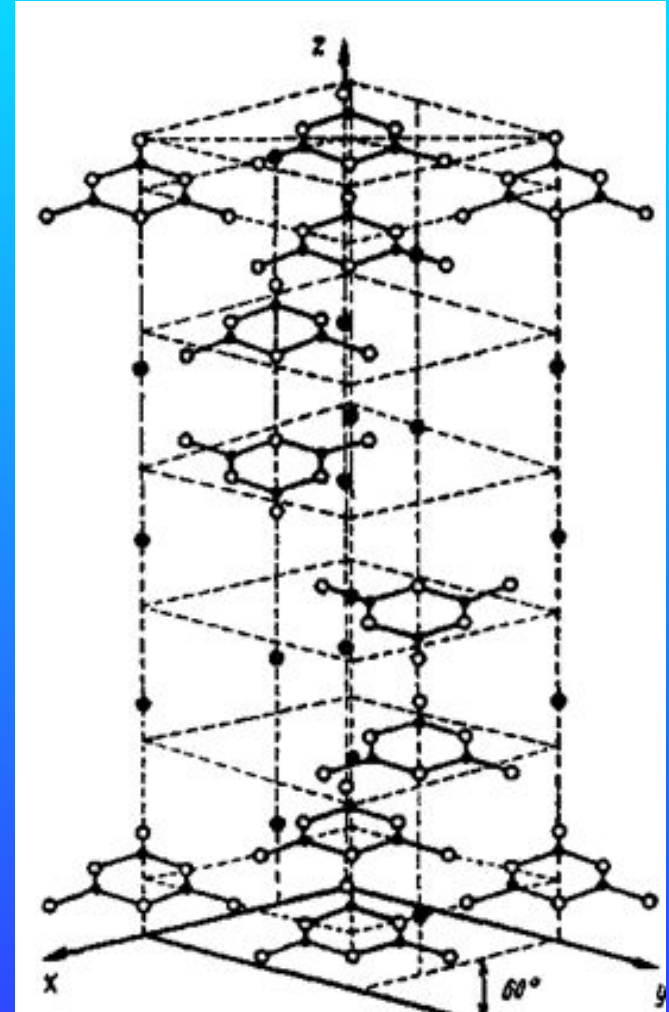
Параметры решетки, нм: $a=1,2532$

$b=1,2717$

Кристаллы β -BaB₂O₄ оптически одноосные,
отрицательные.

Достоинства:

- 1) большой эффективный нелинейно-оптический коэффициент ($d_{\text{эфф}} \beta\text{-BaB}_2\text{O}_4 = 6d_{\text{эфф}} \text{KDP}$ при $\lambda = 1,06$ мкм);
- 2) слабую температурную зависимость дупреломления, обеспечивающую высокую термостабильность синхронизма;
- 3) высокий порог лазерной прочности что позволяет использовать этот кристалл для генерации четвертой и даже пятой гармоники неодимового лазера.



Бета-борат бария β -BaB₂O₄ (ВВО)

Выращивание кристалла:

Метод выращивания:

кристаллизации из раствора в расплаве

Растворитель: Na₂O – B₂O₃

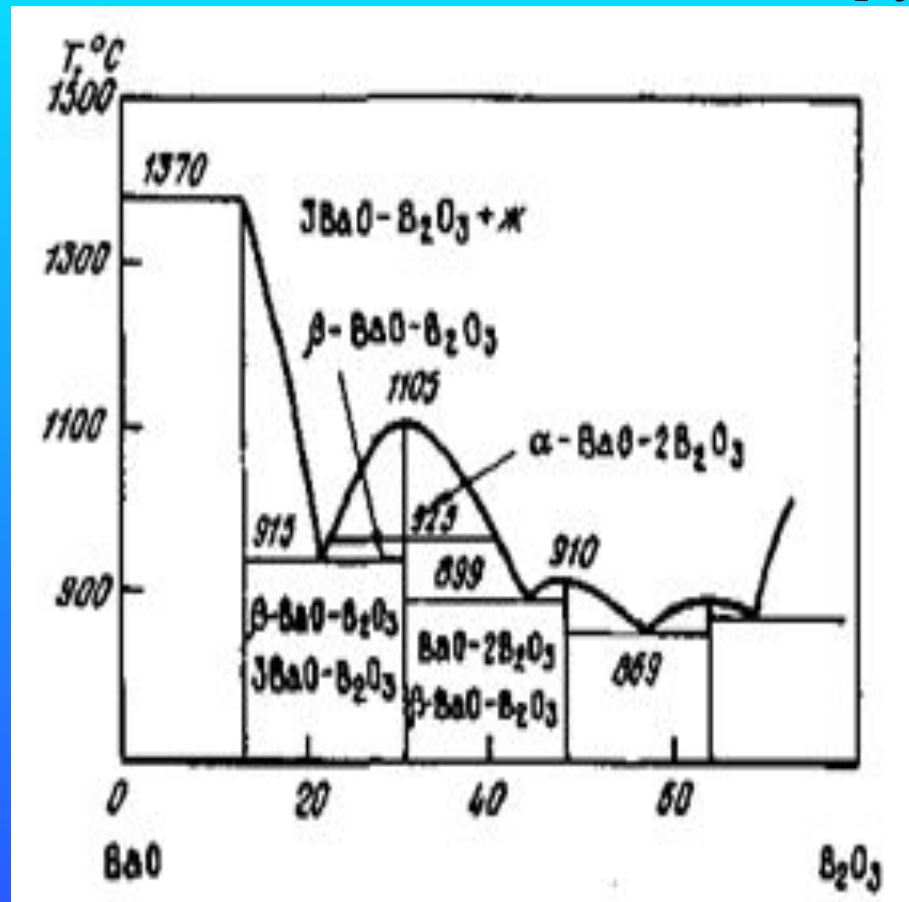
Интервал температур: 902...839 °C

Скорость охлаждения: расплава ≈ 2 град/сут

Скорость вытягивания: 0,5...1,0 мм/сут

Основная трудность при выращивании из эвтектик BaO – B₂O₃ состоит в том, что расплав в этих эвтектиках очень вязкий. Это сильно затрудняет выращивание качественных кристаллов.

Диаграмма состояния системы BaO – B₂O₃



Триборат лития LiB_3O_5 (LBO)

Пр. гр. : $Pna2$

Точечная группа: $mm2$

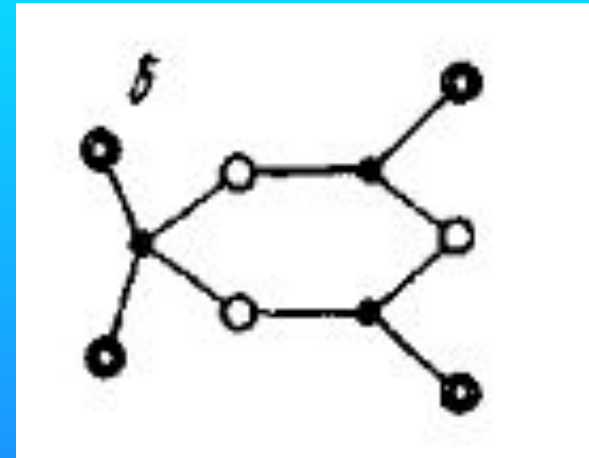
Параметры решетки, нм: $a = 0,8446$
 $b = 0,7380$
 $c = 1,2717$

- область прозрачности 0,170...2,6 мкм и могут использоваться для генерации гармоник в УФ диапазоне спектра

- Лазерная прочность кристаллов LiB_3O_5 в два раза выше, чем $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$

- обладает наибольшими эффективными нелинейными коэффициентами в диапазоне фазового синхронизма

Следовательно, применим для суммирования частот перестраиваемых лазеров, в частности лазеров на красителях.



Конфигурация молекулы:
 $(\text{B}_3\text{O}_7)^{5-}$

- – В;
- – ион кислорода;
- ⊙ – ион кислорода или гидроксила

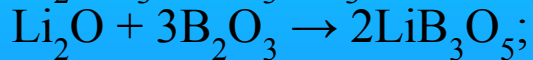
Триборат лития LiB_3O_5 (LBO)

Выращивание кристалла:

Метод выращивания: из раствора в расплаве

Тигель: платина

Химические реакции:



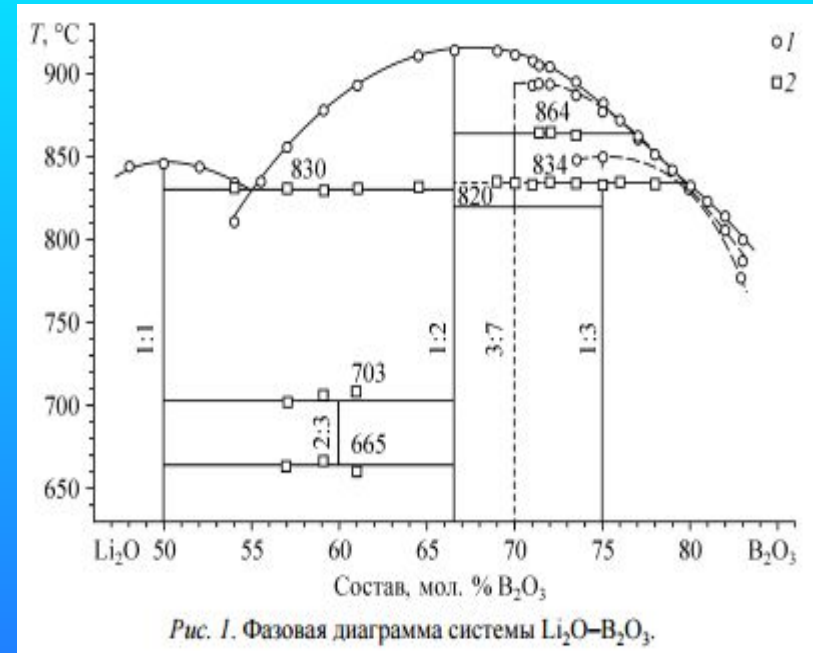
Скоростью понижения T: 0,2...2 °C/сут

Скорости вытягивания затравки: 1 мм/сут

Дефекты: включения

Проблемы: напряжения, приводящие к растрескиванию

Недостатками LBO являются: а) низкое двулучепреломление, что делает невозможным получение в LBO четвертой гармоники ИАГ:Nd лазера при комнатной температуре; б) сильная зависимость угла синхронизма от температуры ($d\theta_c/dT$), что в ряде случаев требует термостатирования кристалла. К недостаткам LBO можно отнести и сложность выращивания кристалла.



Цезий-литиевый борат CsLiB6O10 (CLBO)

Структура: тетрагональная

Пространственная группа симметрии: $I42d$

Параметры элементарной ячейки: $a = b = 1,494$ нм; $c = 0,8939$ нм

Плавится конгруэнтно при 848 °C

Выращивание кристалла:

Метод выращивания: из

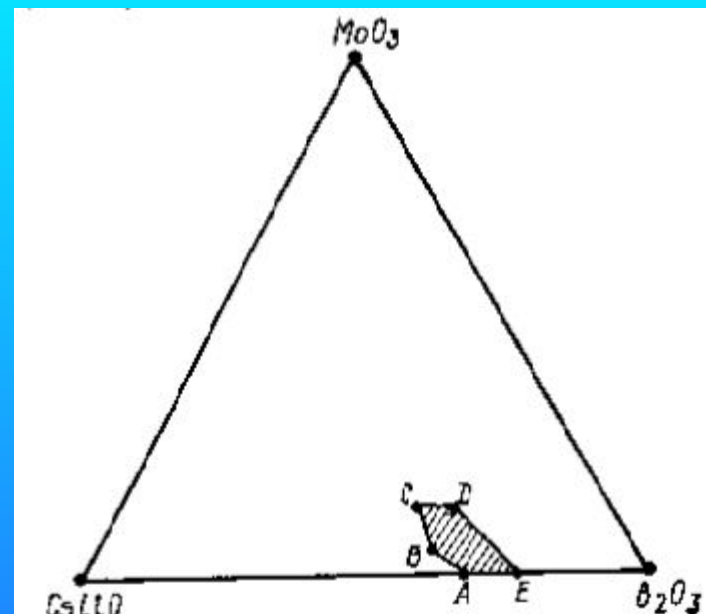
стехиометрического раствора-расплава в платиновом тигле в вертикальной цилиндрической электрической печи методом Киропулоса на затравке

Начальная загрузка: Li_2CO_3 , Cs_2CO_3 и B_2O_3

Т расплава: 845 °C

Скорость понижения температуры: 1 °C/сут

Скоростью вращения затравки: 15 об/мин



Силикаты

Среди силикатов есть как кристаллы для преобразования излучения или пьезоприменений - кварц, лангасит $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$, так и лазерные - форстерит, литий-галий силикат, оливин, силикатные гранаты.

Форстерит Mg_2SiO_4

Температура плавления: $T_{пл} = 1890$ С0.

Сингония: ромбическая.

Класс симметрии: ромбо -

бипирамидальный — $Pbnm$.

Отношение осей: 1,255 : 1 : 2,151.

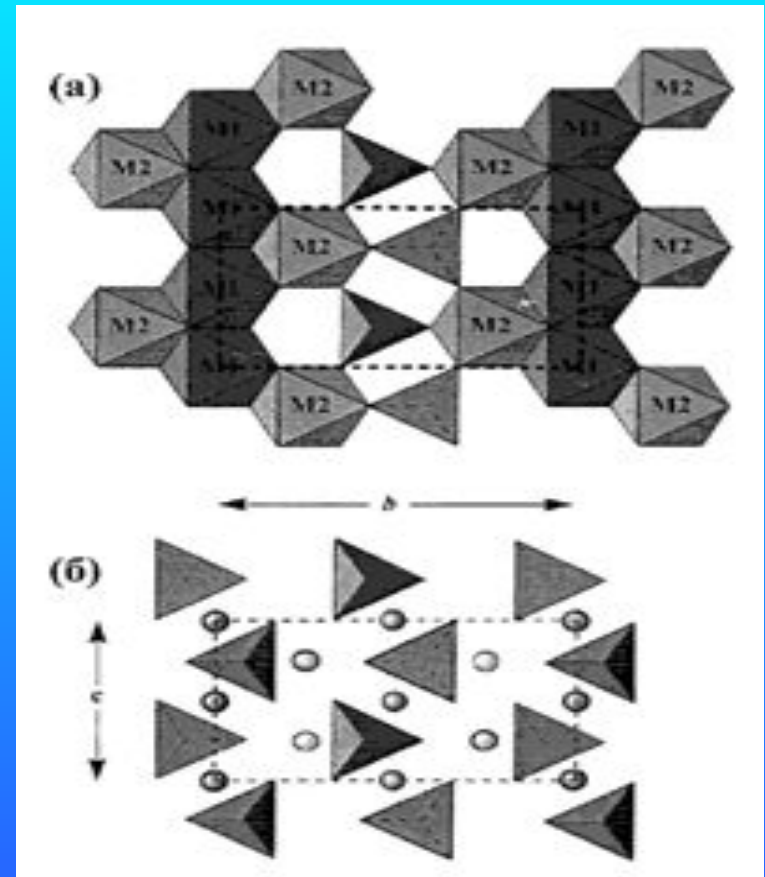
Параметры решетки: $a = 4,76$

$b = 10,21$

$c = 5,98$

- перестраиваемая по длине волны генерация в импульсном и непрерывном режимах составляет в диапазонах 1173-1338 нм и 1236-1300 нм

- рекордно высокую квантовую эффективность (38%) фотолюминесценции
Используется в качестве активной среды твердотельных лазеров, перестраиваемых в области 1,2-1,4 мкм, важной для ряда практических мероприятий, а также фемтосекундных лазеров.



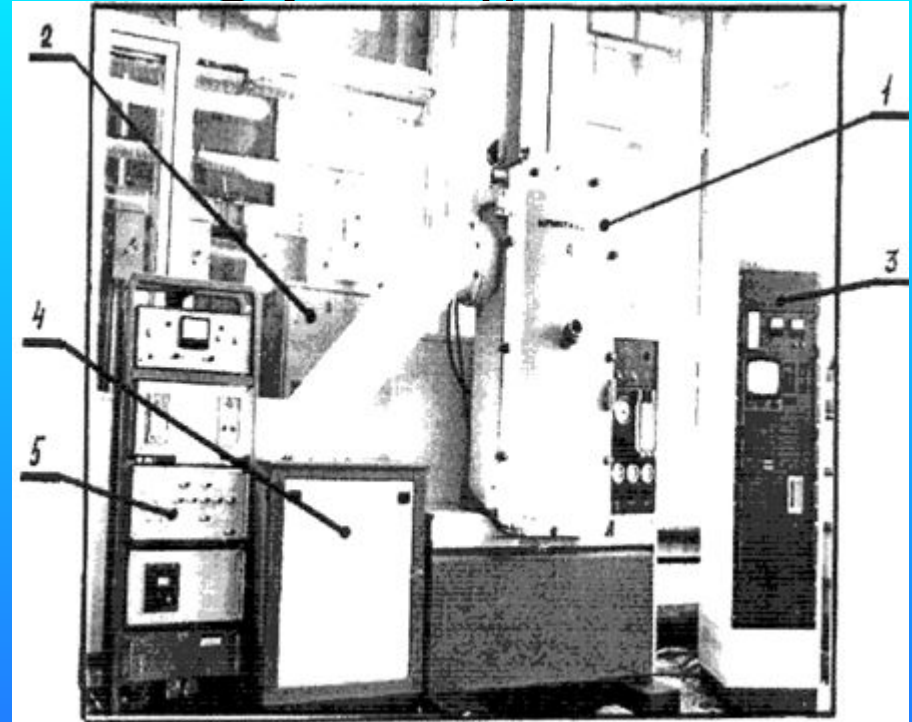
Структура форстерита: (а) показаны Mg-O октаэдр; (б) Si-O тетраэдр

Форстерит Mg_2SiO_4

Выращивание кристалла:

Метод Чохральского:

- термическая подготовка исходных химических реактивов
- твердофазный синтез
- изготовление и сборка теплового узла,
- создание вакуума не хуже 10^{-3} Па, напуск газовой смеси, разогрев и гомогенизация расплава;
- затравливание и выход растущего кристалла на диаметр роста;
- непосредственное выращивание кристалла;
- прекращение роста и послеростовой отжиг кристалла.



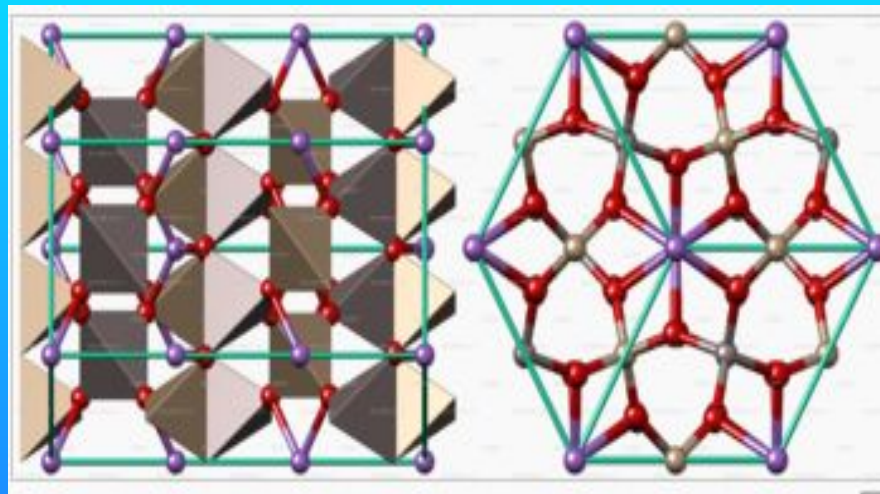
Установка "Кристалл - 2"

1 - кристаллизатор; 2 - преобразователь частоты тиристорный; 3 – пульт управления; 4 - высоковакуумный агрегат, включающий в себя откачной блок; 5 - стойка управления.

Cr:LiGaSiO₄

Cr:LiGaSiO₄ обладает интенсивной широкополосной люминесценцией ионов Cr⁴⁺ в полуторамикронном диапазоне спектра с высоким временем жизни и квантовым выходом. Это открывает перспективы использования Cr:LiGaSiO₄ в качестве эффективной активной среды твердотельных лазеров, перестраиваемых в важной для ряда практических применений спектральной области.

Метод выращивания: Кристаллы выращивались на воздухе, на установке «УРН-2-ЗП» методом бестигельной вертикальной зонной плавки (ВЗП) со световым нагревом, осуществлявшимся с помощью излучения ксеноновой лампы сверхвысокого давления.



Кристаллическая структура литий галлий силиката

Выводы

1. Бораты и силикаты широко используют для преобразования частоты излучения и для создания параметрических генераторов света.
2. Соединения боратов образуют структурные типы, обладающие значительной оптической нелинейностью, могут использоваться для генерации гармоник в УФ диапазоне спектра.