



# **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  $\text{LiB}_3\text{O}_5$  (LBO)
- ❖ цезий- литиевый борат  $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$  (CLBO)

# Бета-борат бария $\beta$ -BaV<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (ВВО)

Пр. гр. : R3C

Точечная группа: 3m

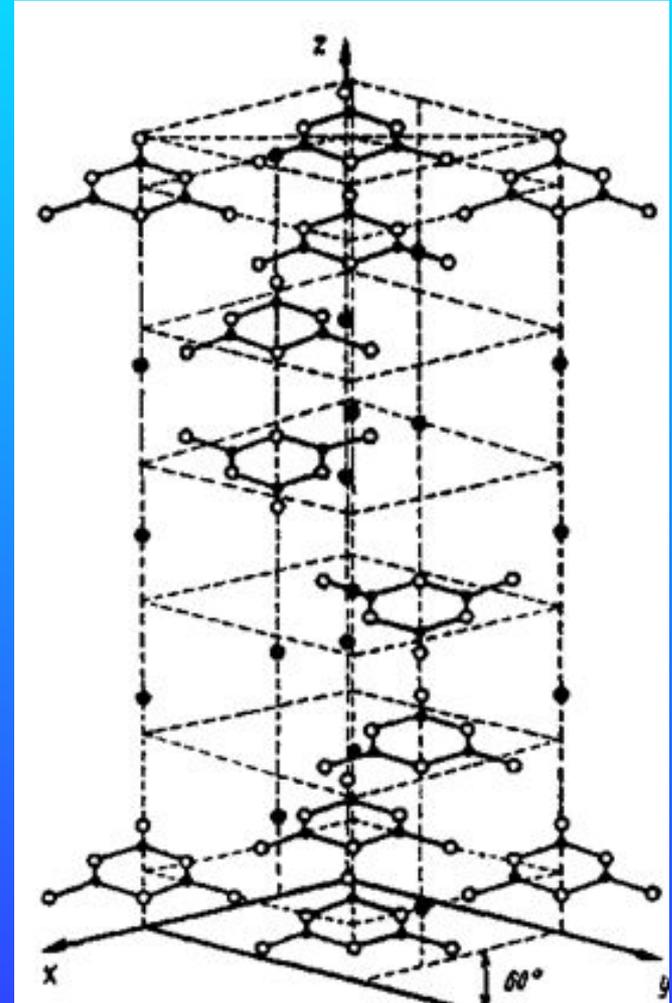
Параметры решетки, нм:  $a=1,2532$

$b=1,2717$

Кристаллы  $\beta$ -BaV<sub>2</sub>O<sub>4</sub> оптически одноосные, отрицательные.

Достоинства:

- 1) большой эффективный нелинейно-оптический коэффициент ( $d_{\text{эфф}} \beta\text{-BaV}_2\text{O}_4 = 6d_{\text{эфф}} \text{KDP}$  при  $\lambda = 1,06$  мкм);
- 2) слабую температурную зависимость двупреломления, 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 $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (ВВО)

## Выращивание кристалла:

### Метод выращивания:

кристаллизации из раствора в расплаве

Растворитель: Na<sub>2</sub>O – B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

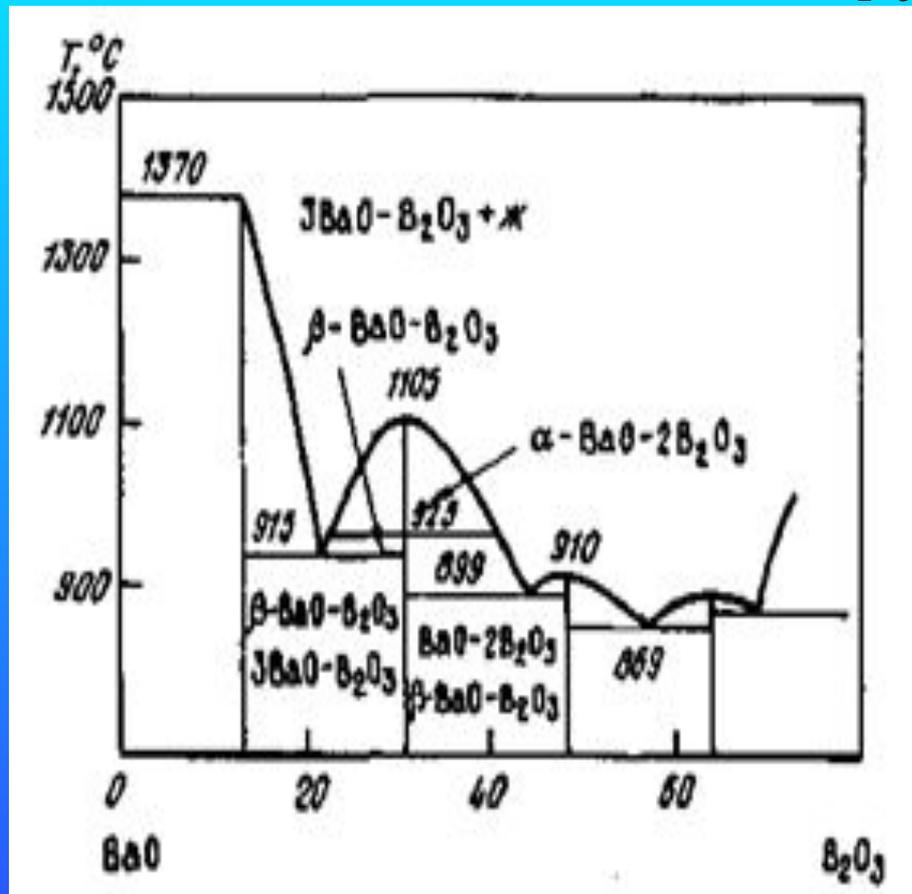
Интервал температур: 902...839 °C

Скорость охлаждения: расплава ≈ 2 град/сут

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

Основная трудность при выращивании из эвтектик BaO – B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> состоит в том, что расплав в этих эвтектиках очень вязкий. Это сильно затрудняет выращивание качественных кристаллов.

Диаграмма состояния системы BaO – B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



# Триборат лития $\text{LiB}_3\text{O}_5$ (LBO)

Пр. гр. :  $Pna2$

Точечная группа:  $mm2$

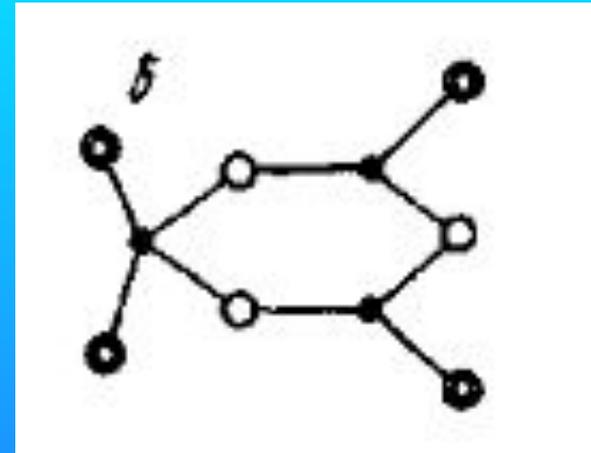
Параметры решетки, нм:  $a = 0,8446$   
 $b = 0,7380$   
 $c = 1,2717$

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

- Лазерная прочность кристаллов  $\text{LiB}_3\text{O}_5$  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 $\text{LiB}_3\text{O}_5$ (LBO)

## Выращивание кристалла:

Метод выращивания: из раствора в расплаве

Тигель: платина

Химические реакции:



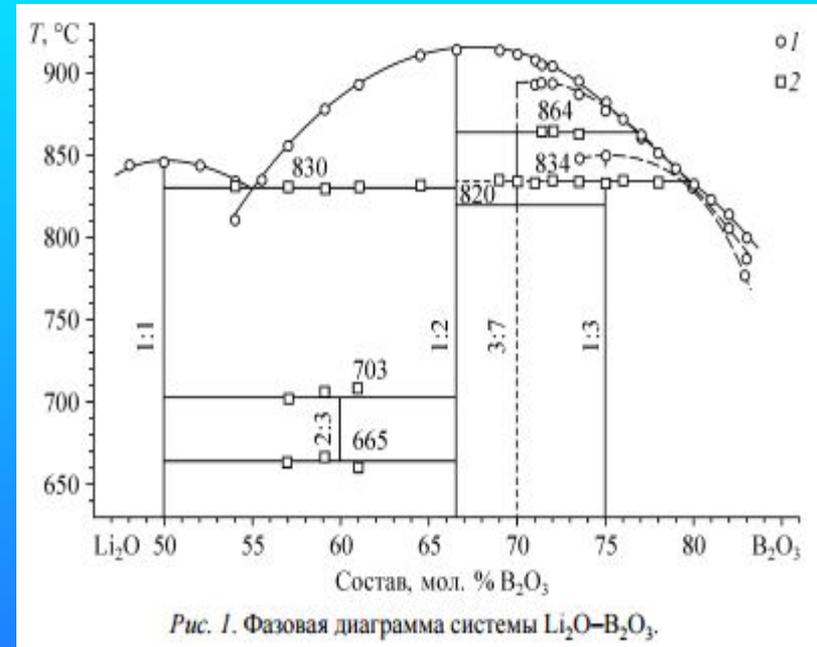
Скоростью понижения T: 0,2...2 °C/сут

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  $848$  °С

## Выращивание кристалла:

Метод выращивания: из

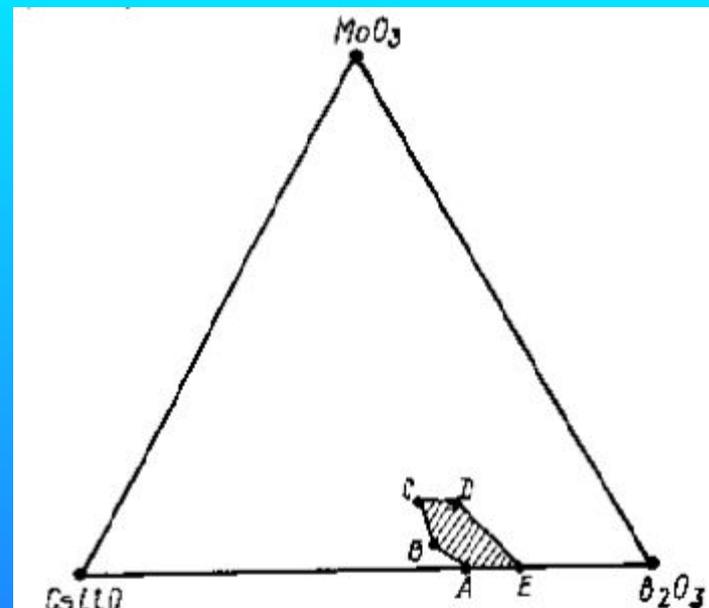
стехиометрического раствора-расплава в платиновом тигле в вертикальной цилиндрической электрической печи методом Киропулоса на затравке

Начальная загрузка:  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$  и  $\text{B}_2\text{O}_3$

Т расплава:  $845$  °С

Скорость понижения температуры:  $1$  °С/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:  $T_{пл} = 1890 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Сингония: ромбическая.

Класс симметрии: ромбо -

бипирамидальный —  $Pbnm$ .

Отношение осей: 1,255 : 1 : 2,151.

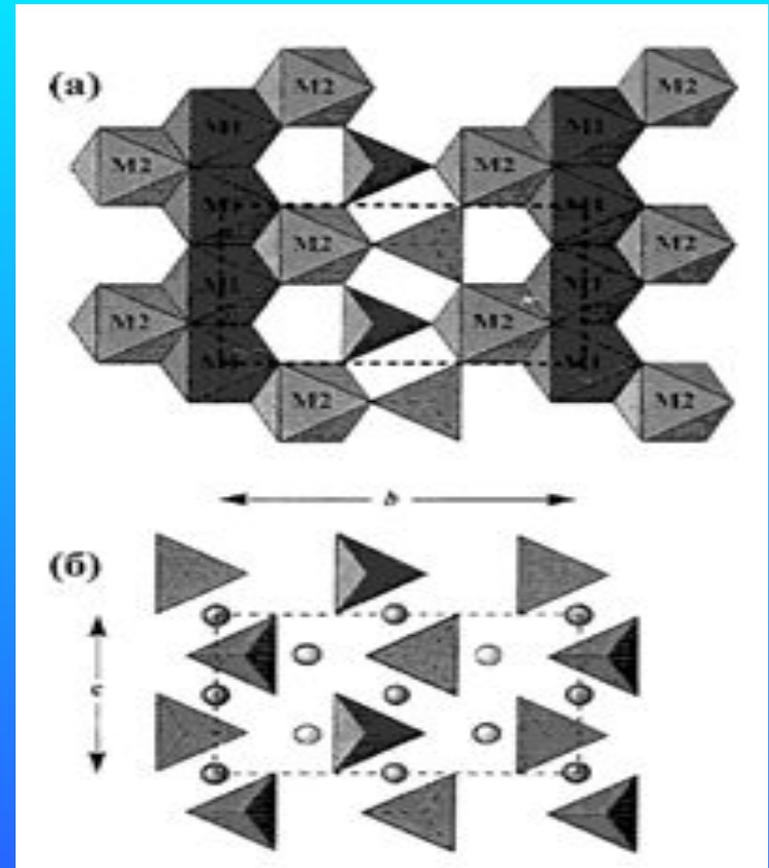
Параметры решетки:  $a = 4,76$

$b = 10,21$

$c = 5,98$

- 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.



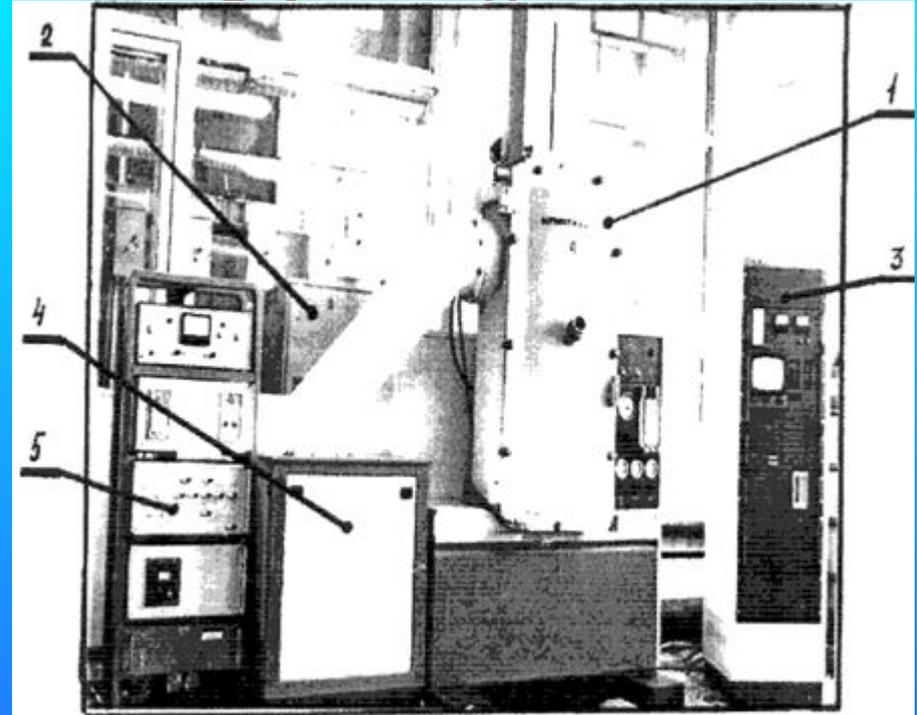
Структура форстерита: (а) показаны Mg-O октаэдр; (б) Si-O тетраэдр

# 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.



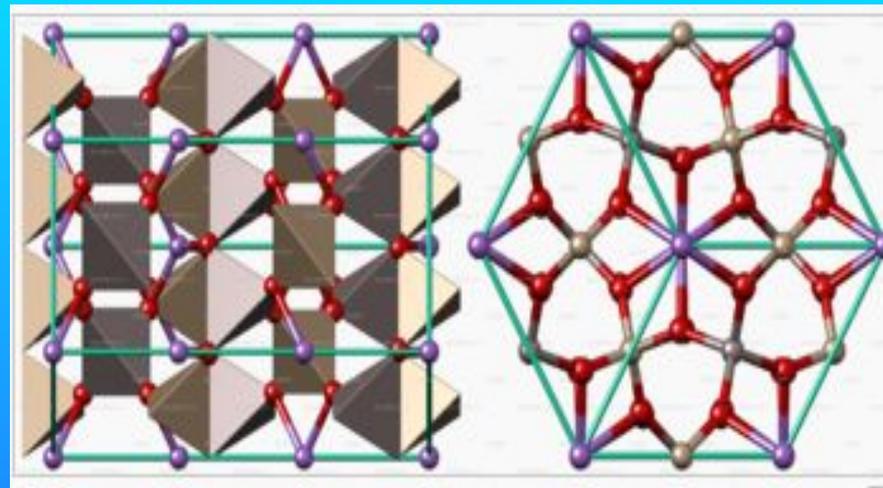
## Установка "Кристалл - 2"

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

# Cr:LiGaSiO<sub>4</sub>

Cr:LiGaSiO<sub>4</sub> обладает интенсивной широкополосной люминесценцией ионов Cr<sup>4+</sup> в полуторамикронном диапазоне спектра с высоким временем жизни и квантовым выходом. Это открывает перспективы использования Cr:LiGaSiO<sub>4</sub> 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.