

МОНОКРИСТАЛЛЫ YAP:Yb ДЛЯ ЛАЗЕРОВ УЛЬТРАКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ

К.Л. ОВАНЕСЯН^{1*}, М.В. ДЕРЗЯН¹, А.В. ЕГАНЯН¹, В.Э. КИСЕЛЬ²,
А.С. РУДЕНКОВ², Н.В. КУЛЕШОВ², А.Г. ПЕТРОСЯН¹

¹Институт физических исследований НАН Армении, Аштарак, Армения

²Центр оптических материалов и технологий, БНТУ, Минск, Беларусь

*e-mail: khovhannisyan9@gmail.com

(Поступила в редакцию 18 ноября 2019 г.)

Кристаллы ортоалюмината иттрия, активированные ионами Yb^{3+} ($\text{YAlO}_3:\text{Yb}$), представляют интерес для создания высокомощных лазеров с диодной накачкой, излучающих в спектральной области около 1 мкм. Достигнутые на сегодняшний день параметры этих лазеров могут быть улучшены при оптимизации концентрации активатора и улучшении структурного и оптического качества кристаллов. Одной из проблем является появление центров окраски в видимой области спектра, поглощение которых тянется в ближнюю ИК область. В настоящей работе кристаллы $\text{YAlO}_3:\text{Yb}$ выращены методами Бриджмена и Чохральского. Показано, что при использованных условиях роста, поглощение обусловленное центрами окраски, значительно ниже в кристаллах $\text{YAlO}_3:\text{Yb}$, полученных методом Бриджмена. Различия в оптическом качестве отнесены к окружающей атмосфере роста (Ar/H_2 в методе Бриджмена, Ar в методе Чохральского) и к условиям охлаждения кристаллов. Изучено влияние гамма-облучения и термообработки на оптическое поглощение кристаллов. Измерено излучательное время жизни ионов Yb^{3+} в кристаллах, полученных двумя методами.

1. Введение

Пико- и фемтосекундные лазеры с диодной накачкой, излучающие в спектральной области 1 мкм, имеют важные применения в высокоточной микрообработке в промышленности и в биомедицине [1]. Среди различных активных сред, изученных в последние годы для этих применений, монокристаллы перовскитов YAlO_3 и LuAlO_3 с ионами Yb^{3+} представляют особый интерес, благодаря своим высоким термооптическим свойствам и относительно высоким сечениям поглощения и стимулированного излучения [2-6]. Теплопроводность YAlO_3 (YAP) для различных кристаллографических ориентаций меняется от 10 до 13.3 Вт/(мК) и сохраняется достаточно высокой в кристаллах, активированных ионами Yb^{3+} (7.1-8.3 Вт/(мК) для 5%Yb:YAP) [7]. Излучательное время жизни ионов Yb^{3+} в YAP:Yb составляет 500 ± 10 мкс [3] (600 мкс [2]).

На кристалле YAP:Yb (0.6 at%) получена эффективная генерация в непрерывном режиме (1.2 Вт на длине волны 1040 нм); в режиме пассивной синхронизации мод получены импульсы длительностью 225 фс на длине 1041 нм при средней мощности 0.8 Вт [3]. Ожидается, что оптимизация концентрации Yb^{3+} может привести к увеличению выходной мощности, а также к сокращению длительности импульсов. Результаты работ [2,3,7] (а также ссылки, приведенные в них) позволяют сравнить тепловые и спектроскопические свойства, а также генерационные характеристики лазеров на кристаллах YAP:Yb с аналогичными параметрами кристаллов других структурных типов с ионами Yb^{3+} . По сравнению с изоструктурным кристаллом перовскита $\text{LuAlO}_3:\text{Yb}$ [4–6], выращивание которого требует специальных условий [8], YAP:Yb может быть получен традиционными способами и является экономически более привлекательным. Быстрая УФ люминесценция с переносом заряда ионов Yb^{3+} (1–100 нс в зависимости от температуры) привлекательна для сцинтилляционных применений кристаллов YAP:Yb при регистрации низкоэнергетических солнечных нейтрино и в позитронно-эмиссионной томографии [9–12].

В кристаллах YAP:Yb часто наблюдаются центры окраски с широкими полосами поглощения в видимой области спектра, которые тянутся до ближней ИК области. Несмотря на многочисленные предыдущие исследования, проблема остается актуальной, поскольку центры окраски могут приводить к дополнительным оптическим потерям и тепловой нагрузке, и влиять на излучательное время жизни ионов Yb^{3+} . Основными параметрами, которые определяют плотность центров окраски, являются отношение Y/Al в исходных расплавах, атмосфера выращивания, температурные градиенты и неконтролируемые примеси (см., например [13–18] и ссылки в них). Кристаллы YAP:Yb получены различными методами кристаллизации [13–19], среди которых для практических применений наиболее часто используется метод Чохральского.

В настоящей работе использован вертикальный метод Бриджмена с целью раскрытия его потенциала для получения кристаллов YAP:Yb высокого качества, а также метод Чохральского. Проведено сравнение основных свойств кристаллов, полученных двумя методами, включая плотность центров окраски, а также влияние гамма облучения и термообработки на оптические свойства кристаллов. Измерено время жизни ионов Yb^{3+} в кристаллах, полученных двумя методами.

2. Методика эксперимента

Монокристаллы YAP:Yb были выращены модифицированным методом Бриджмена (методом вертикальной направленной кристаллизации) [8,20] и методом Чохральского с использованием оксидов Y_2O_3 , Yb_2O_3 и кристаллического сапфира Al_2O_3 с чистотой не менее 99.99% и затравок, ориентированных вдоль

оси $\langle b \rangle$. Состав расплавов соответствовал стехиометрической формуле $Y_{1-x}Yb_xAlO_3$. Выращивание кристаллов методом Бриджмена (Br) ($x = 0.0 \div 0.02$) проводилось в молибденовых контейнерах диаметром 14 мм в атмосфере Ar/H₂ (10 об.% H₂) со скоростью 2.0 мм/час. Полученные кристаллы, длиной ~50 мм, были прозрачны и бесцветны. Выращивание кристаллов методом Чохральского (Cz) ($x = 0.0 \div 0.03$) проводилось из иридиевых тиглей (50×3×50 мм) в среде чистого Ar. Скорости вытягивания и вращения составляли соответственно 2.5 мм/час и 35 об/мин. Выращенные кристаллы имели длину ~30 мм и диаметр 15 мм. Полученные кристаллы были прозрачны, но некоторые из них имели желто-коричневый оттенок.

Фазовый состав и ориентация контролировались с использованием рентгеновских дифрактометров ДРФ-2.0 и УРС-50ИМ. Оптическое качество кристаллов контролировалось с использованием излучения зеленого лазера и поляризационного микроскопа МПС-2. Для оптических измерений были использованы свободные от единичных двойников и центров рассеяния плоскопараллельные полированые пластины толщиной 0.5–2.0 мм.

Для измерений спектров оптического пропускания/поглощения в области 200–1100 нм использовался спектрофотометр SPECORD200 PLUS. Облучение кристаллов проводилось с использованием источника гамма-излучения ⁶⁰Со (1.25 МэВ, мощность дозы 468 Гр/ч) до величины поглощенной дозы 1 кГр. Измерения излучательного времени жизни Yb³⁺ проводились на мелкорастертых порошках кристаллов, которые для подавления перепоглощения были погружены в этиленгликоль (см. [3,6] и ссылки в них). Возбуждение образцов проводилось импульсами длительностью 20 нс с энергией 100 мкДж в импульсе на длине волны 980 нм, которая соответствует полосе поглощения ионов Yb³⁺ (²F_{7/2} → ²F_{5/2}). Излучение люминесценции, прошедшее через монохроматор МДР-12, регистрировалось InGaAs фотоприемником с постоянной времени <5 нс и цифровым осциллографом Tektronics TDS3052B. Время жизни уровня ²F_{5/2} ионов Yb³⁺ определялось по времени затухания сигнала люминесценции.

3. Результаты и обсуждение

Оптические спектры пропускания неактивированных кристаллов YAP, выращенных методами Бриджмена (Br) и Чохральского (Cz), приведены на Рис. 1а. Пропускание в YAP(Br) в УФ области длин волн < 300 нм низкое из-за присутствия ряда полос поглощения, которые связаны в основном с F- центрами [13,21]. Пропускание в области длин волн >300 нм высокое (~80%) без видимых полос поглощения в этой области. Пропускание в YAP(Cz) в области длин волн <300 нм выше, однако в области >300 нм оно ниже, по сравнению с YAP(Br). Разностный спектр поглощения между YAP(Br) и YAP(Cz) приведен на вкладке

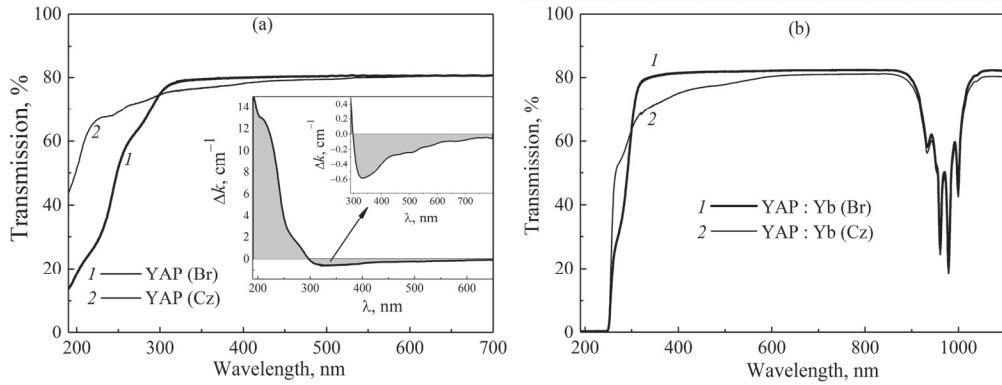


Рис.1. Оптические спектры пропускания образцов неактивированного YAP ($d = 0.75$ мм) (а) и YAP:Yb ($d = 2$ мм) (б), выращенных методами Бриджмена и Чохральского. На вкладке Рис.1а приведен разностный спектр между YAP(Br) и YAP(Cz).

Рис.1а. Разложение спектра в области 200–300 нм выявило полосы с максимумами на 225, 258, 276 нм; вторая вкладка относится к области 300–800 нм в увеличенном масштабе и показывает наличие полос с максимумами на 320, 348, 390, 422, 490 и 720 нм. Полосы поглощения в видимой области отнесены к центрам окраски, связанными с изолированными катионными вакансиями [22], а также с ионами Y^{3+} и Al^{3+} в неэквивалентных позициях («антисайты») вблизи анионных вакансий [23–25], O^- центрами [23,26] и F^+ центрами [27,28].

На Рис.1б приведены спектры пропускания образцов YAP:Yb(Br) и YAP:Yb(Cz). Введение Yb приводит к смещению коротковолнового края в область больших длин волн, что обусловлено широкой полосой поглощения в области 190–260 нм, связанной с переходами из основного состояния ${}^2\text{F}_{7/2}$ на уровень переноса заряда ионов Yb^{3+} [10]. В ИК-области спектра появляются хорошо известные полосы поглощения с максимумами на 932, 960, 980 и 998 нм, связанные с ${}^2\text{F}_{7/2} \rightarrow {}^2\text{F}_{5/2}$ переходами ионов Yb^{3+} . Как и в случае неактивированных образцов, прозрачность в области <300 нм выше в кристаллах YAP:Yb(Cz), в то время как в области >300 нм прозрачность выше в YAP:Yb(Br). Отмеченный желто-коричневый оттенок в некоторых кристаллах YAP:Yb(Cz) связан с полосами поглощения в области 300–550 нм, интенсивность которых может изменяться при небольших вариациях аксиального градиента температуры в различных опытах при выращивании кристаллов (например, из-за различной степени заполнения тиглей). Измеренное остаточное поглощение на 750 нм в серии кристаллов YAP:Yb(Cz) составляет $0.01\text{--}0.14\text{ cm}^{-1}$, а в YAP:Yb(Br) оно меньше, чем 0.005 cm^{-1} .

Главным отличием в условиях выращивания кристаллов в двух использованных методах является среда кристаллизации. Высокое поглощение в УФ области в кристаллах YAP(Br), по сравнению с YAP(Cz), связано с преобразо-

ванием большего числа анионных вакансий в F-центры. Отсутствие в кристаллах YAP(Br) центров окраски в видимой области спектра свидетельствует о низкой концентрации соответствующих точечных дефектов, либо к подавлению их функциональной роли. Другим фактором является аксиальный градиент температуры, который достаточно высокий в конфигурации Бриджмена [8] и считается более высоким, чем в обычно используемой конфигурации Чохральского, поскольку более быстрое охлаждение образовавшейся фазы перовскита уменьшает вероятность перестройки решетки в другие кристаллографические формы, которая может сопровождаться образованием дополнительных точечных дефектов [29,16].

Неконтролируемые остаточные примеси также могут иметь вклад в поглощение в УФ-области, например ионы железа, имеющие полосы поглощения на 265 нм (Fe^{3+}) и 312 нм (Fe^{2+}) (см. например, [13] и ссылки в ней). Центры Mo^{3+} были зафиксированы методом электронного парамагнитного резонанса в кристаллах YAP:Ce, выращенных методом Чохральского из молибденовых тиглей [30]. Поглощение в области 260–305 нм, в кристалле YAP:Mo отнесено к полосе переноса заряда ионов Mo^{3+} [31]. Несмотря на относительно невысокую концентрацию ионов Mo^{3+} в оксидных кристаллах, выращиваемых в молибденовых контейнерах (например в YAG она составляет $8 \cdot 10^{-3}$ ат% [32]), это количество может дать вклад в поглощение в области 260–305 нм (полоса поглощения в этой области отчетливо видна на Рис.1). Отличием в двух методах является и большая площадь поверхности расплава в конфигурации Чохральского, что может вести к заметному испарению компонент расплава, в основном оксида алюминия, имеющего более высокую упругость пара. Нарушение стехиометрии в сторону избытка Y_2O_3 может способствовать увеличению количества центров $\text{Y}_{\text{Al}}^{3+}$, ведущих к искажениям кристаллической решетки и образованию O^- центров [33].

Спектры пропускания кристаллов YAP:Yb(Br) и YAP:Yb(Cz) до и после воздействия гамма-излучения приведены на Рис.2а,б; соответствующие им разностные спектры поглощения приведены на Рис.2с. Сравнение показывает, что интенсивность наведенного поглощения в области 250–800 нм в YAP:Yb (Br) значительно ниже, чем в YAP:Yb(Cz), что дополнительно указывает на более низкую концентрации точечных дефектов, участвующих в формировании центров окраски в кристаллах, выращиваемых по Бриджмену. Максимумы основных наведенных полос поглощения лежат на 320, 390 и 490–520 нм и примерно совпадают с полосами поглощения в исходных кристаллах. Под воздействием дневного света наведенное поглощение исчезает в течение 2–3 дней. Аналогичные по структуре полосы наведенного поглощения под воздействием гамма-излучения наблюдались в кристаллах YAP с различными активаторами, выращенных методом Чохральского [17,21,34].

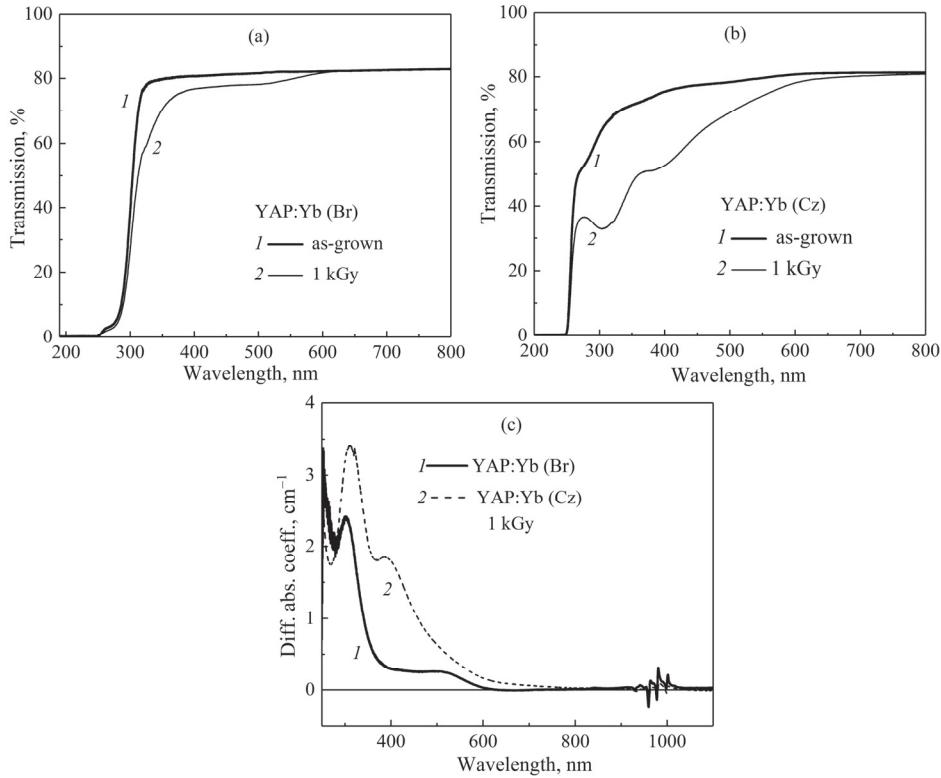


Рис.2. Спектры пропускания до и после гамма-облучения кристаллов YAP:Yb(Br) (а) и YAP:Yb(Cz) (б) ($d = 2$ мм) и соответствующие разностные спектры поглощения (с).

На Рис.3 показаны изменения в спектрах поглощения в кристалле YAP:Yb(Br) в результате термообработки на воздухе (1100°C ; 5 часов), которые характеризуются относительно слабым наведенным поглощением в области

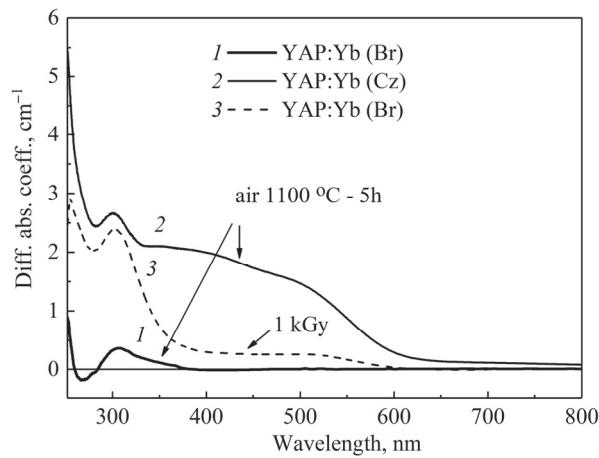


Рис.3. Поглощение в кристаллах YAP:Yb(Br) и YAP:Yb(Cz) наведенное окислительной термообработкой. Спектр 3 соответствует поглощению, наведенному гамма-облучением (из Рис.2с).

290–400 нм (с максимумами полос на 320 и 378 нм). Как и в случае гамма-облучения, наведенное поглощение под воздействием дневного света исчезает в течение 2–3 дней. Окислительная термообработка кристаллов YAP:Yb(Cz) при тех же условиях приводит к появлению широких и интенсивных полос поглощения в области 250–700 нм (на длинах волн с максимумами на 270, 318, 378 и 509 нм) и окрашиванию кристаллов в стабильный красновато-коричневый цвет, который может быть устранен только термообработкой в восстановительной среде (H_2 ; 1100°C). На Рис.3 для сравнения приведен спектр наведенного поглощения в результате гамма-облучения (из Рис.2c) показывающий, что профиль наведенных полос поглощения примерно одинаков. Примерно такие же тенденции после окислительной термообработки наблюдались в кристаллах YAP:Nd(Cz) [17] и YAP:Yb(Cz) [34].

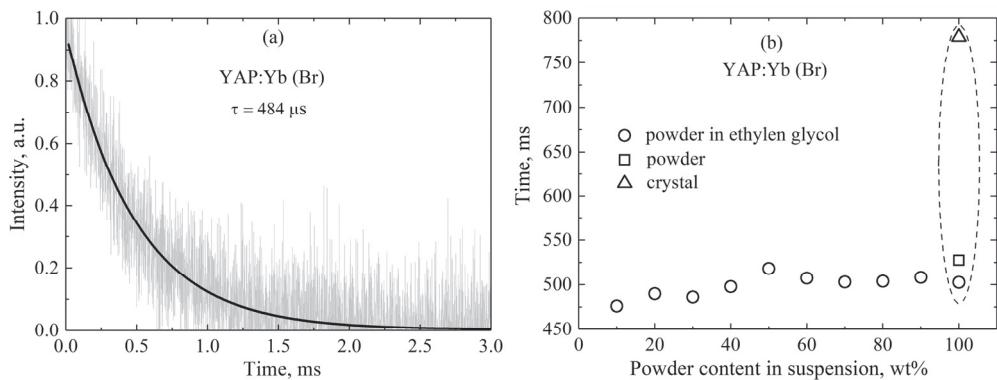


Рис.4. Временная зависимость затухания люминесценции иона Yb^{3+} в кристалле YAP:Yb(Br) (а) и зависимость времени затухания люминесценции от весового содержания порошка в иммерсионной жидкости (б).

Результаты измерений времени жизни возбужденного состояния $^2F_{5/2}$ ионов Yb^{3+} в кристаллах, выращенных методами Бриджмена и Чохральского, приведены на Рис. 4 и 5. Измерения кинетики затухания с уровня $^2F_{5/2}$ иона Yb^{3+} проводилось на порошках кристаллов YAP:Yb с диаметром частиц 40–70 мкм. Порошок использовался для уменьшения толщины кристаллов и снижения перепоглощения, а этиленгликоль для согласования показателей преломления, а также чтобы снизить влияние эффектов перепоглощения за счет полного внутреннего отражения (см. [6] и ссылки в ней). Возбуждение люминесценции проводилось на длине ~980 нм, которая соответствует полосе поглощения иона Yb^{3+} на переходе $^2F_{7/2} \rightarrow ^2F_{5/2}$. Регистрация сигнала люминесценции проводилась на длинах волн около 1040 нм. Временная зависимость затухания люминесценции исследованных образцов имеет моноэкспоненциальный характер (Рис.4а и 5а). Для порошка, помещенного в этиленгликоль, измеренное время затухания

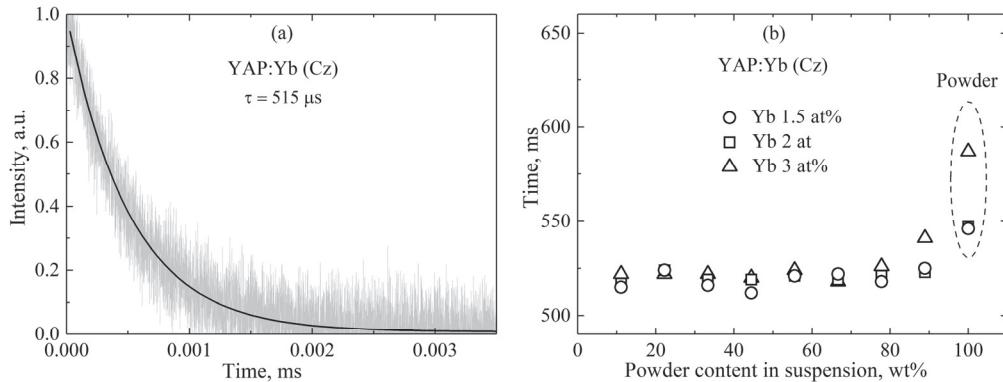


Рис.5. Временная зависимость затухания люминесценции иона Yb^{3+} в YAP:Yb(Cz) (а) и зависимость времени затухания люминесценции от весового содержания порошка в иммерсионной жидкости (б).

уменьшалось с уменьшением весовой концентрации порошка в суспензии. Начиная с определенной величины содержания порошка, время затухания люминесценции оставалось примерно постоянным, несмотря на дальнейшее разбавление (рисунки 4b и 5b), свидетельствуя об устраниении эффектов перепоглощения. Обработка экспериментальных данных показала, что время жизни возбуждённого состояния Yb^{3+} в образце YAP:2%Yb(Br) равно 480 ± 10 мкс, а для образцов YAP:1.5–3%Yb(Cz) – 515 ± 10 мкс, которое в пределах ошибки измерений было одинаковым для всей серии. Как было отмечено, приведенные концентрации Yb относятся к их значениям в расплавах. Полученные кристаллы будут использованы в исследованиях их лазерной генерации.

4. Заключение

Методами Бриджмена (Br) и Чохральского (Cz) выращены монокристаллы YAP и YAP:Yb и сравнены их оптические свойства, включая поглощение в УФ-ближней ИК области и эффекты гамма-облучения и термообработки. В кристаллах YAP(Cz), в видимой области спектра наблюдаются центры окраски, поглощение которых тянется в ближнюю ИК область, в то время как в кристаллах YAP(Br), центры окраски в этой области отсутствуют. Наблюдаемые отличия отнесены к различной атмосфере, используемой в этих методах (Ar в методе Чохральского и Ar/H₂ в методе Бриджмена), а также к возможным различиям в условиях охлаждения кристаллов. Результаты по влиянию ионизирующего облучения и термической обработки на воздухе подтверждают меньшую концентрацию точечных дефектов, участвующих в формировании центров окраски в видимой области спектра в кристаллах, выращенных методом Бриджмена. Измеренное излучательное время жизни ионов Yb^{3+} равно 515 мкс в YAP:Yb(Cz) и 484 мкс в YAP:Yb(Br). Полученные результаты показывают, что кристаллы YAP:Yb,

выращиваемые методом Бриджмена, обладают необходимыми свойствами для создания на их основе эффективных лазеров ультракоротких импульсов с диодной накачкой.

Настоящая работа проведена при поддержке Госкомитета по науке Республики Армения (грант 18BL-015) и Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований (грант F19ARM-006).

ЛИТЕРАТУРА

1. **D. Breitling, C. Fohl, F. Dausinger, T. Kononenko, V. Konov.** Topics Appl. Phys., **96**, 131 (2004).
2. **G. Boulon, Y. Guyot, H. Canibano, S. Hraiech, A. Yoshikawa.** J. Opt. Soc. Am. B., **25**, 884 (2008).
3. **V.K. Kisel, S.V. Kurilchik, A.S. Yasukevich, S.V. Grigoriev, S.A. Smirnova, N.V. Kuleshov.** Optics Lett., **33**, 2194 (2008).
4. **A. Rudenkov, V. Kisel, A. Yasukevich, K. Hovhannesyan, A. Petrosyan, N. Kuleshov.** Optics Lett., **41**, 5805 (2016).
5. **A. Rudenkov, V. Kisel, A. Yasukevich, K. Hovhannesyan, A. Petrosyan, N. Kuleshov.** Optics Lett., **42**, 2415 (2017).
6. **A. Rudenkov, V. Kisell, A. Yasukevich, K. Hovhannesyan, A. Petrosyan, N. Kuleshov.** Devices and Methods of Measurements, **10**, 119 (2019).
7. **R.L. Aggarwal, D.J. Ripin, J.R. Ochoa, T.Y. Fan.** J. Appl. Phys., **98**, 103514 (2005).
8. **A.G. Petrosyan.** J. Crystal Growth, **139**, 372 (1994).
9. **R.S. Ragavan.** Phys. Rev. Lett., **78**, 3618 (1997).
10. **L. van Pieterse, M. Heeroma, E. de Heer, A. Meijerink.** J. Lumin., **91**, 177 (2000).
11. **I.A. Kamenskikh, N. Guerassimova, C. Dujardin, N. Garnier, G. Ledoux, C. Pedrini, M. Kirm, A. Petrosyan, D. Spassky.** Optical Materials, **24**, 267 (2003).
12. **M. Nikl, N. Solovieva, J. Pejchal, J.B. Shim, A. Yoshikawa, T. Fukuda, A. Vedda, M. Martini, D.H. Yoon.** Appl. Phys. Lett., **84**, 882 (2004).
13. **D. Sugak, A. Matkovskii, D. Savitskii, A. Durygin, A. Suchocki, Y. Zhydachevskii, I. Solskii, I. Stefaniuk, F. Wallrafen.** phys. stat. sol. (a), **184**, 239 (2001).
14. **J. Kvapil, J. Kvapil, B. Perner, B. Manek, K. Blazek, Z. Hendrich.** Cryst. Res. Technol., **20**, 473 (1985).
15. **P.O. Petit, J. Petit, Ph. Goldner, B. Viana.** J. Luminescence, **129**, 1586 (2009).
16. **V.A. Antonov, P.A. Arsenev, I.G. Linda, V.L. Farshendiker.** phys. stat. sol. (a), **15**, K63 (1973).
17. **N.S. Kovaleva, I.V. Mochalov.** Sov. J. Quantum Electron., **8**, 1427 (1978).
18. **J. Kvapil, J. Kvapil, J. Kubelka, R. Autrata.** Crystal Res. Technol., **18**, 127 (1983).
19. **K.L. Ovanesyan, A.G. Petrosyan, G.O. Shirinyan, R.G. Manucharyan.** J. Contemporary Physics, **30**, 23 (1995).
20. **A.A. Chernov, E.I. Givargizov, K.S. Bagdasarov, V.A. Kuznetsov, L.N. Demianets, A.N. Lobachev.** Modern Crystallography III. Crystal Growth, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag, 1984.

21. **J. Chen, G. Zhao, D. Cao, H. Li, Sh. Zhou.** Computational Materials Science **46**, 225 (2009).
22. **J. Chen, G. Zhao, D. Cao, Sh. Zhou.** Current Appl. Phys., **10**, 468 (2010).
23. **V.V. Laguta, M. Nikl, A. Vedda, E. Mihokova, J. Rosa, K. Blazek.** Phys. Rev. B, **80**, 045114 (2009).
24. **M.M. Kuklja.** J. Phys.: Condens. Matter, **12**, 2953 (2000).
25. **C.R. Stanek, K.J. McClellan, M. R. Levy, R.W. Grimes.** J. Appl. Phys., **99**, 113518 (2006).
26. **M. Nikl, V.V. Laguta, A. Vedda.** phys. stat. sol. (a), **204**, 683 (2007).
27. **M. Fu, T. Liu, X. Lu, J. Li, Z. Ma.** Computational Materials Science, **141**, 127 (2018).
28. **X. Zeng, G. Zhao, J. Xu, H. Li, X. He.** phys. stat. sol. (a), **202**, 1129 (2005).
29. **J.S. Abell, I.R. Harris, B. Cockayne.** J. Mater. Science, **7**, 1088 (1972).
30. **V.V. Laguta, A.M. Slipenyuk, J. Rosa, M. Nikl, A. Vedda, K. Nejezchleb, and K. Blazek.** Radiation Measurements, **38**, 735 (2004).
31. **M. Zhuravleva, A. Novoselov, M. Nikl, J. Pejchal, H. Ogino, A. Yoshikawa.** J. Crystal Growth, **311**, 537 (2009).
32. **E.A. Markosyan, A.G. Petrosyan, E.G. Sharoyan.** FizikaTverdogoTela, **15**, 2504 (1973).
33. **M. Nikl, E. Mihokova, V. Laguta, J. Pejchal, S. Baccaro, A. Vedda, L. Juha, R. Sobierajski, H. Wabnitz.** Proc. SPIE, **6586**, 65860E (2007).
34. **Y. Dong, J. Xu, G. Zhou, G. Zhao, L. Su, X. Xu, H. Li, J. Si.** phys. stat. sol. (a), **204**, 608 (2007).

SINGLE CRYSTALS OF YAP:Yb FOR ULTRA SHORT PULSE LASERS

K.L. HOVHANNESYAN, M.V. DERDZYAN, A.V. YEGANYAN, V.E. KISEL,
A.S. RUDENKOV, N.V. KULESHOV, A.G. PETROSYAN

Single crystals of yttrium orthoaluminate activated with Yb^{3+} ions ($\text{YAlO}_3:\text{Yb}$) are of high interest for diode pumped high-power ultra short pulse lasers emitting in the spectral range around 1 μm . The major parameters of lasers achieved so far can be improved by optimizing the activator concentration and improvement of the structural and optical quality of crystals. One of the problems is occurrence of color centers giving rise to absorption bands in the visible range with tails extending to the near IR. In the present work single crystals of $\text{YAlO}_3:\text{Yb}$ were grown by the Bridgman and Czochralski methods. It is found that under the applied growth conditions absorption associated with color centers in the visible range is much lower in $\text{YAlO}_3:\text{Yb}$ crystals grown by the Bridgman method. The differences in optical quality are attributed to the growth atmosphere (Ar/H_2 for Bridgman and Ar in the case of Czochralski), and to crystal cooling conditions. The influence of gamma-ray irradiation and thermal annealing on optical absorption in $\text{YAlO}_3:\text{Yb}$ grown by the two methods is studied. The lifetime of Yb^{3+} is measured in crystals grown by the two methods.