

УДК 621.375.826

УСЛОВИЯ И РЕЖИМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ КОРУНДА, АКТИВИРОВАННОГО Ti^{3+} , ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ЛАЗЕРАХ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ**Кисель В.Э., Горбаченя К.Н., Гоман В.И., Кулешов Н.В.***НИИЦ Оптических материалов и технологий БНТУ
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Исследованы условия и режимы роста кристаллов $Ti^{3+}:Al_2O_3$ с различной концентрацией трехвалентных ионов титана. Измерены спектры поглощения выращенных образцов для π - и σ -состояний поляризации излучения в кристалле.

Ключевые слова: рост кристаллов, спектры поглощения, кристалл, сапфир с титаном, трехвалентные ионы титана.

CONDITIONS AND MODES FOR GROWING Ti^{3+} -activated CORUNDUM CRYSTALS FOR THEIR APPLICATION IN DIODE-PUMPED LASERS**Kisel V., Gorbachenya K., Goman V., Kuleshov N.***¹Center for Optical Materials and Technologies of Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The growth of Ti:sapphire ($Ti^{3+}:Al_2O_3$) crystals was investigated for different concentration of trivalent titanium ions. Absorption spectra of different samples were measured for π - and σ -light polarizations.

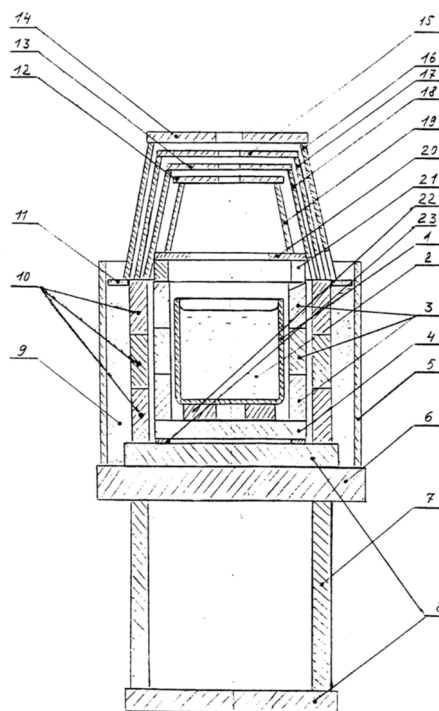
Key words: crystal grows absorption spectra, crystal, Ti^{3+} :sapphire, trivalent titanium ions.

*Адрес для переписки: Горбаченя К.Н., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: gorby@bntu.by*

Рост кристаллов осуществлялся по методу Чохральского. Суть метода сводится к тому, что в тигель помещают шихту, по составу соответствующую кристаллам, которые необходимо вырастить. Тигель устанавливают в герметичную камеру, утепляют керамическими трубами и тугоплавкими порошками. К штоку, который закреплен в верхней части камеры, крепится затравка, состав которой аналогичен составу кристалла, который мы хотим вырастить. Для анизотропных кристаллов затравка предварительно ориентируется согласно направлению роста. После чего камера закрывается, герметизируется и заполняется защитным газом (азот, аргон). Для выращивания кристаллов $Ti^{3+}:Al_2O_3$ используются молибденовые тигли. Затравкодержатель представляет собой молибденовый пруткок диаметром около 8 мм. Тигель разогревается до температуры плавления шихты. Затем сверху к расплаву в тигле подается вращающаяся затравка кристалла, а при касании расплава происходит вытягивание штока с затравкой вверх и начинается процесс выращивания кристалла.

Затравка центрировалась относительно тигля и утепления с отклонением не более 1 мм, что обеспечивалось последовательным исключением биевых элементов затравочного узла. Согласно тепловой схеме проводилась сборка утепления, чтобы радиальные градиенты в точке затравки были минимальными. Для процесса роста экспериментально подбирались оптимальные конструкции теплового узла.

Схема теплового узла представлена на рис. 1.



- 1 – тигель; 2 – расплав; 3, 4 – труба керамическая;
5 – труба кварцевая; 6 – диск керамический; 7 – труба керамическая; 8 – диск керамический; 9 – вата огнеупорная; 10 – труба керамическая;
11–15, 20 – шайба керамическая; 16–19 – конус керамический; 21 – труба керамическая;
22, 23 – кольцо керамическое

Рисунок 1 – Установка для выращивания монокристаллов $Ti^{3+}:Al_2O_3$ методом вертикального вытягивания

При использовании молибденового тигля в вакууме или в нейтральной атмосфере расплав загрязняется оксидами молибдена, которые входят в состав растущего кристалла, что приводит к снижению оптического качества. Для предотвращения этого в ростовой камере создавалась восстановительная атмосфера, состоящая, например, из нейтрального газа и водорода. Водород предотвращает окисление тигля. Для роста использовалась атмосфера, состоящая из азота и водорода. От объемного соотношения этих газов в камере зависело качество кристаллов, мощность, потребляемая установкой, и скорость вытягивания кристалла. Оптимальный состав газа в объемных долях составлял около 10 % водорода и 90 % азота. Лучшие кристаллы получены при скорости вытягивания 1,5–1,7 мм/час, скорость вращения – 55–65 об/мин.

Для контроля спектральных характеристик выращенных кристаллов изготавливались плоскопараллельные пластинки апертурой 5×5 мм² и толщиной около 2 мм. Регистрация спектров поглощения проводилась в поляризованном свете на спектрофотометре фирмы Varian модель CARY 5000D. Спектральное разрешение составляло около 0,4 нм. Спектр поглощения кристалла $Ti^{3+}:Al_2O_3$ с максимальной концентрацией Ti^{3+} представлен на рис. 2.

Для кристаллов с максимальным содержанием трехвалентных ионов титана параметр качества, определяется как соотношение коэффициентов поглощения на длине волны накачки (490 нм) и длине волны генерации (800 нм) составлял от 50 до 53.

С уменьшением содержания трехвалентных ионов титана в два раза наблюдалось увеличение параметра качества до 100–110. Спектры поглощения представлены на рис. 3.

Для диодной накачки наибольший интерес представляют кристаллы с максимальным содержанием ионов Ti^{3+} в кристалле, т. к. обеспечивают

максимальное поглощение излучения накачки при минимальной толщине активного элемента и, одновременно, максимальное качество модового перекрытия между пучком излучения генерации пучком излучения накачки, имеющим более низкое пространственное качество.

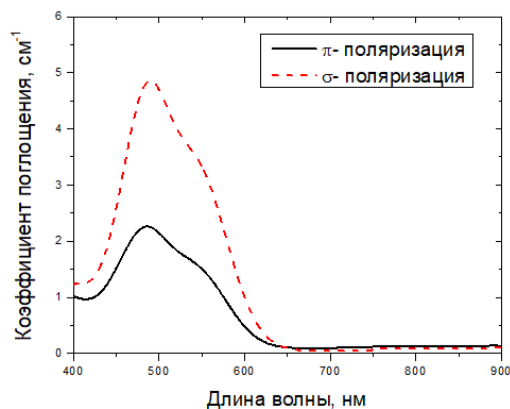


Рисунок 2 – Спектр поглощения концентрированного кристалла $Ti^{3+}:Al_2O_3$

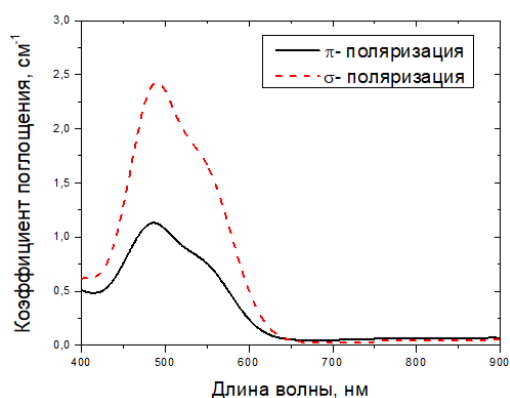


Рисунок 3 – Спектр поглощения кристалла $Ti^{3+}:Al_2O_3$