

Оптическое поглощение кристаллов КТР в диапазоне 0.9–2.5 мкм при воздействии γ -излучения

М.В.Алампиев, О.Ф.Бутягин, Н.И.Павлова

Отмечено появление дополнительного поглощения в кристалле КТР в диапазоне 0.9–1.4 мкм под воздействием γ -излучения с дозами до $5 \cdot 10^7$ Р; в диапазоне 1.4–2.5 мкм дополнительное поглощение не наблюдалось. Рассмотрены характеристики параметрической генерации света на кристалле КТР, подвергнутом воздействию γ -излучения при накачке излучением импульсного ИАГ:Nd³⁺-лазера с длиной волны 1.064 мкм.

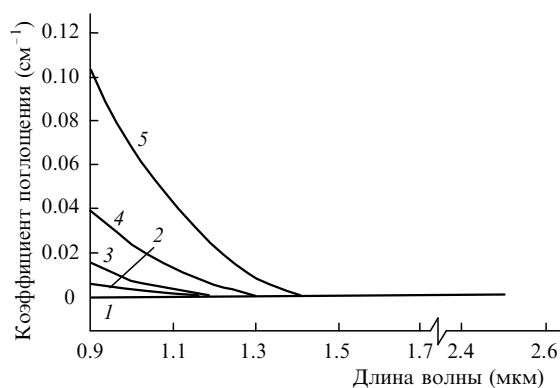
Ключевые слова: оптическое поглощение, кристаллы КТР, γ -облучение.

Исследованию влияния ионизирующих излучений на оптическое поглощение кристалла КТiОРО₄ (КТР) в видимом диапазоне и на генерацию в нем второй гармоники ИАГ:Nd³⁺-лазера посвящен ряд работ [1–4]. Было показано, что под влиянием ионизирующих излучений в кристалле КТР возникают центры окраски, имеющие широкие полосы поглощения с максимумами в интервалах 0.38–0.44 и 0.5–0.6 мкм. Дополнительное поглощение на длине волны второй гармоники 0.532 мкм ИАГ:Nd³⁺-лазера вызывает снижение эффективности преобразования и лучевой прочности элемента из КТР.

В настоящей работе исследуется влияние γ -излучения на оптическое поглощение кристалла КТР в диапазоне 0.9–2.5 мкм и на параметрическую генерацию света (ПГС) при накачке излучением импульсного лазера на ИАГ:Nd³⁺ с модуляцией добротности.

В эксперименте был использован непросветленный элемент длиной 15 мм из кристалла КТР, выращенного методом кристаллизации из раствора в расплаве [5]. Элемент был вырезан по направлению фазового синхронизма для вырожденного режима ПГС при накачке излучением ИАГ:Nd³⁺-лазера с $\lambda = 1.064$ мкм. Этот режим имеет место в кристалле КТР, вырезанном под углом 53° к оптической оси z в плоскости xz ($\vartheta = 53^\circ$, $\varphi = 0$), длина волны генерации при этом составляет 2.12 мкм [6]. Элемент подвергался воздействию γ -излучения источника ⁶⁰Со на установке РХ- γ -30 с энергией γ -квантов 1.25 МэВ при мощности дозы 250 Р/с и температуре $28 \pm 5^\circ\text{C}$.

Коэффициент пропускания элемента измерялся в диапазоне длин волн 0.9–2.5 мкм с помощью спектрофотометра СФ-20. Измерения проводились через несколько часов после воздействия γ -излучения, так что учитывалось влияние только долгоживущих центров окраски [1, 2]. Полученные зависимости дополнительного поглощения δ в диапазоне 0.9–2.5 мкм для различных доз γ -излучения D , рассчитанные из спектров пропускания, приведены на рисунке. Погрешность определения δ составляла 0.007 см^{-1} .



Спектральные зависимости коэффициента дополнительного оптического поглощения δ в кристалле КТР для доз γ -излучения $D = 2.9 \cdot 10^3$ (1), 10^4 (2), 10^5 (3), 10^6 (4) и $5 \cdot 10^7$ Р (5).

Как видно из рисунка, дополнительное оптическое поглощение на $\lambda = 0.9$ мкм появляется начиная с $D = 10^4$ Р, увеличивается с ростом D и при $D = 5 \cdot 10^7$ Р регистрируется уже в диапазоне 0.9–1.4 мкм. Экспериментальные данные показывают, что возникающие в видимой области под действием γ -излучения широкие полосы дополнительного поглощения, вызывающие окрашивание образца [1–4] и имеющие максимум в диапазоне 0.5–0.6 мкм, равный 0.15 см^{-1} , захватывают своими краями также и область 0.9–1.4 мкм. При $D = 5 \cdot 10^7$ Р на длине волны накачки 1.064 мкм $\delta = 0.05 \text{ см}^{-1}$, что на 0.1 см^{-1} меньше наведенного поглощения в видимом диапазоне. В диапазоне 1.4–2.5 мкм, в том числе на длине волны генерации 2.12 мкм, дополнительное поглощение с учетом погрешности измерений зарегистрировано не было.

Полученные зависимости δ от длины волны для разных D позволяют оценить влияние γ -облучения элемента на процесс ПГС в ИК диапазоне, т. к. от поглощения на длинах волн накачки и генерации зависят пороговая интенсивность накачки $I_{\text{п}}$ и эффективность ПГС [7].

Влияние дополнительного поглощения на характеристики ПГС определялось для параметрического генератора с длиной резонатора 25 мм, установленного вне резонатора лазера накачки и образованного плоскими зеркалами с коэффициентами отражения 99.5% на $\lambda = 2.12$

мкм для входного зеркала и 90% – для выходного. Излучение многомодового ИАГ:Nd³⁺-лазера с электрооптической модуляцией добротности, длиной волны 1.064 мкм, длительностью импульса 18 нс и частотой повторения импульсов 12.5 Гц фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 1 м в элемент из кристалла КТР. Коэффициенты отражения зеркал параметрического генератора на длине волны накачки составляли 8%; во избежание возникновения обратной связи зеркала были разъюстированы относительно направления распространения пучка накачки на угол порядка нескольких минут. Погрешность измерения I_{th} составляла $\pm 20\%$.

Для такой внрезонаторной схемы ПГС появление дополнительного поглощения $\delta = 0.05 \text{ см}^{-1}$ на длине волны накачки при максимальной дозе излучения $5 \cdot 10^7 \text{ Р}$ приводит к росту I_{th} не более чем на 7%. Для расчета влияния дополнительного поглощения на длине волны генерации на I_{th} были использованы приблизительные соотношения из [7]. Степень влияния дополнительного поглощения на длине волны генерации зависит от режима ПГС и определяется суммой пассивных и нестационарных потерь в генераторе. Для данного режима работы нестационарные потери равны 0.2 см^{-1} и существенно превышают пассивные потери, вызванные дополнительным поглощением. Дополнительному поглощению, равному 0.007 см^{-1} , на длине волны генерации соответствует увеличение I_{th} на 5%. В то же время для стационарной ПГС при том же δ интенсивность I_{th} должна вырасти на 17%.

Таким образом, наблюдаемое при воздействии γ -излучения с $D = 5 \cdot 10^7 \text{ Р}$ дополнительное оптическое поглощение в кристалле КТР на длинах волн накачки и генерации не должно приводить к росту I_{th} более чем на 12%. Поскольку соотношения в [7] были получены при большом числе упрощающих предположений, экспериментальное I_{th} может отличаться от расчетного. В пределах погрешности измерений I_{th} с ростом D не увеличивается и составляет $100 \pm 20 \text{ МВт/см}^2$ как для облученного, так и для необлученного элемента; эффективность преобразования остается одинаковой.

Это позволяет также сделать вывод о том, что при ГВГ излучения лазеров с длиной волны $\sim 2 \text{ мкм}$ эффективность преобразования в кристалле КТР не будет заметно снижаться при воздействии доз γ -излучения до $5 \cdot 10^7 \text{ Р}$. В то же время воздействие ионизирующих излучений на кристалл КТР влияет на эффективность преобразования при использовании кристалла в качестве генератора гармоник лазеров с длиной волны $\sim 1 \text{ мкм}$ [1], а также на характеристики активных элементов из ИАГ:Nd³⁺ при накачке импульсными лампами [8].

Вопрос о влиянии γ -излучения на ПГС требует дальнейшего изучения, т. к. ПГС в высокочастотных резонаторах при накачке квазинепрерывными лазерами или при внутриврезонаторной генерации [9] более чувствительна к дополнительному поглощению на длинах волн накачки и генерации.

Авторы выражают благодарность С.Э.Дьячкову за помощь при проведении экспериментов.

1. Ангерт Н.Б., Гармаш В.М., Павлова Н.И., Тарасов А.В. *Квантовая электроника*, **18**, 470 (1991).
2. Карасева Л.Г., Андреев Б.В., Громов В.В., Захаркин Б.И., Павлова Н.И. *ДАН СССР*, **289**, 1152 (1986).
3. Andreev B.V., Efimov V.N. *Mod.Phys.Letts B*, **6**, 177 (1992).
4. Halliburton L.E., Scripsick M.P. *Proc.SPIE*, **2379**, 235 (1995).
5. Булка Г.Р., Бутягин О.Ф., Ермаков Г.А., Павлова Н.И., Харцьева Т.Н. *Лазерная техника и оптоэлектроника*, № 1–2 (62–63), 69 (1992).
6. Lin J.T., Montgomery J.L. *Optics Comms*, **75**, 315 (1990).
7. Дмитриев В.Г., Кулевский Л.А. В кн. *Справочник по лазерам* (М., Сов.радио, 1978, т. 2, с. 319).
8. Малов Н.А., Рябов А.И., Насельский С.П., Торопкин Г.Н., Швом Е.М., Усольцев И.Ф. *Квантовая электроника*, **10**, 1067 (1983).
9. Oshman M.K., Harris S.T. *IEEE J.Quantum Electron.*, **4**, 491 (1968).

M.V.Alampiev, O.F.Butyagin, N.I.Pavlova. Optical absorption of gamma-irradiated KTP crystals in the 0.9–2.5- μm range.

Additional absorption was observed in the 0.9–2.5- μm range in a KTP crystal irradiated by gamma rays with doses up to $5 \times 10^7 \text{ R}$. No additional absorption was observed in the 1.4–2.5- μm range. Characteristics of optical parametric oscillation in a gamma-irradiated KTP crystal pumped by a pulsed Nd³⁺:YAG laser at 1.064 μm were studied.