ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

1986

ТОМ 289 № 2

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

ЛИТЕРАТУРА

1. *Афанасьев А.М., Имамов Р.М., Мухамеджанов Э.Х., Ле Конг Куи* – ДАН, 1985, т. 288, № 4. 2. *Kishino S.* – J. Phys. Soc. Japan., 1971, vol. 31, № 4, p. 1168–1173. 3. *Afanasev A.M., Imamov R.M., Maslov A.V., Pashaev E.M.* – Phys. Status. Solidi (a), 1984, vol. 84, p. 73–78. 4. *Afanasev A.M., Aleksandrov P.A., Imamov R.M. et al.* – Acta Cryst., 1985, vol. A41, p. 227–232. 5. *Афансьев А.М., Александров П.А., Завьялова А.А. и др.* – ДАН, 1985, т. 281, № 3, с. 581–584. 6. *Afanasev A.M., Afanasev S.M., Aleksandrov P.A. et al.* – Phys. Status. Solidi (a), 1984, vol. 86, p. K1–K5. 7. *Мухамеджанов Э.Х., Маслов А.В., Ле Конг Куи, Имамов Р.М.* – ФТТ, 1985, т. 27, № 1, с. 191–193. 8. *Афанасьев А.М., Кон В.Г.* – ЖЭТФ, 1978, т. 74, № 1, с. 300–313. 9. *Batterman B.W.* – Appl. Phys. Lett., 1962, vol. 1, p. 68–69. 10. *Batterman B.W.* – Phys. Rev., 1964, vol. 133, p. 759–764.

УДК 535.34.539.12.04 ФИЗИКА

М.Х. АШУРОВ, И.Н. НАСТЫРОВ, член-корреспондент АН СССР В.В. ОСИКО, член-корреспондент АН СССР П.К. ХАБИБУЛЛАЕВ

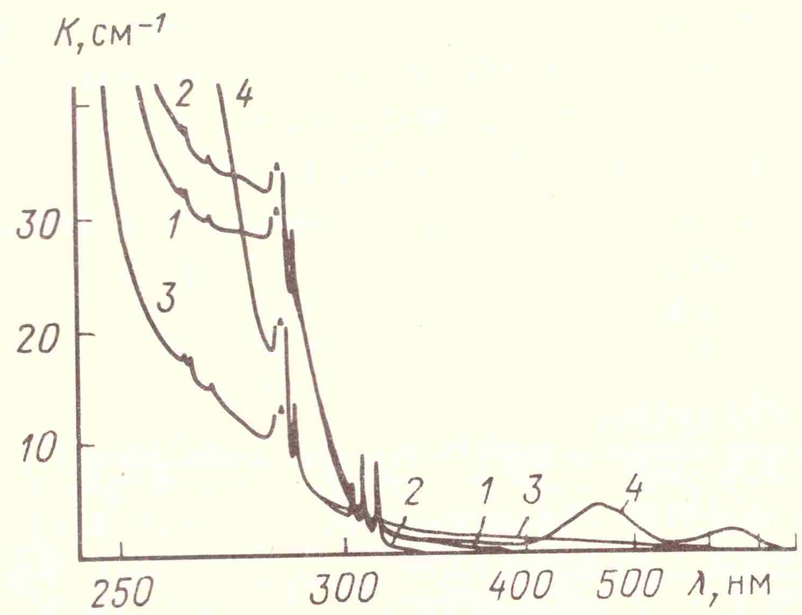
ИССЛЕДОВАНИЕ УФ-ПОГЛОЩЕНИЯ В КРИСТАЛЛАХ ГСГГ : Cr^{3+}

При изучении влияния спектрального состава излучения лампы накачки на генерационные характеристики плавно перестраиваемого лазера на основе кристаллов гадолиний-скандий-галлиевого граната, активированных ионами хрома (ГСГГ:Cr^{3+}), было замечено, что наличие в спектре лампы накачки излучения с длиной волны короче 420 нм сопровождается увеличением порога генерации [1]. Исследование спектральных и временных особенностей оптических потерь, возникающих под действием коротковолновой части излучения накачки, показало, что в кристаллах образуются короткоживущие и стабильные центры окраски, поглощающие в том числе и на длине волны генерации. В связи с этим представляет интерес изучение УФ-области спектра поглощения данной матрицы.

В настоящей работе исследуются спектры поглощения неактивированных и активированных ионами хрома образцов, изменение спектров поглощения после облучения жесткими квантами, фотообесцвечивание и термоотжиг наведенного поглощения.

Рассматриваемые кристаллы выращены методом Чохральского. Концентрация ионов хрома составляет $5 \cdot 10^{19}$ $см^{-3}$. Спектры поглощения снимались в области 200–800 нм. Облучение проводилось при 77 К излучением ртутной лампы, отдельные линии которой выделялись монохроматором, и при 77 и 310 К γ-излучением ^{60}Co мощностью 760 Р/с до дозы насыщения, составляющей примерно 10^6 Р. Спектр наведенного поглощения получен как разность спектров поглощения кристаллов до и после облучения. Фотообесцвечивание осуществлялось второй гармоникой неодимового лазера ($\lambda = 530$ нм). Термовысвечивание исследовалось при постоянной скорости нагрева 0,23 К/с.

На рис. 1 приведены спектры поглощения неактивированного и активированного ионами хрома кристаллов ГСГГ. Группы узких линий поглощения с максимумами около 265, 280 и 310 нм соответствуют f–f-переходам ионов Gd^{3+} [2]. Полосы поглощения с максимумами около 460 и 650 нм соответствуют внутрицентровым переходам ионов хрома $^4A_2 \rightarrow {}^4T_4$ и $^4A_2 \rightarrow {}^4T_2$ [3].



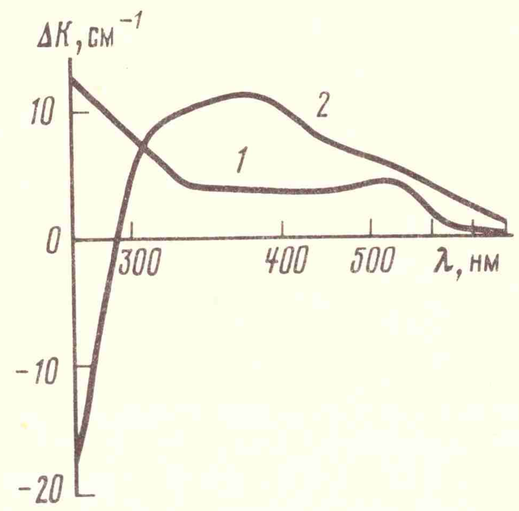


Рис. 1. Спектры поглощения кристаллов ГСГГ при 300 К: *1* – неактивированный кристалл; *2* – неактивированный после термообработки при 1300 К в течение 1 ч на воздухе; *3* – неактивированный после термообработки в вакууме; *4* – активированный хромом с концентрацией $5 \cdot 10^{19}$ см$^{-3}$

Рис. 2. Наведенное γ-облучением при 77 К поглощение кристаллов ГСГГ:Cr^{3+} (*1*) и при 300 К неактивированных термообработанных на воздухе кристаллов ГСГГ (*2*)

В неактивированном кристалле в УФ-области ($\lambda < 300$ нм) наблюдается интенсивное поглощение как у свежевыращенных образцов, так и после термообработки при 1300 К в течение 1 ч на воздухе и в вакууме. Заметное увеличение интенсивности поглощения в УФ-области после термообработки на воздухе и уменьшение после термообработки в вакууме по сравнению с поглощением свежевыращенного образца сопровождается небольшим уменьшением и соответственно увеличением интенсивности поглощения в области $\lambda > 300$ нм. Ранее аналогичное явление нами было обнаружено в кристаллах Er_2O_3 [4].

Сходное поглощение в УФ-области наблюдается и в активированных ионами хрома кристаллах ГСГГ (рис. 1), которое, однако, после термообработки практически не меняется. Слабое поглощение в области 280–400 нм заметно только на достаточно толстых образцах [1]. Облучение в этой области длин волн отдельными линиями излучения ртутной лампы приводит к образованию свободных зарядов, захвату и накоплению их на уровнях дефектов, имеющихся в кристаллах ГСГГ:Cr^{3+}. Нагрев облученных кристаллов вызывает освобождение части зарядов и рекомбинацию с захваченными зарядами противоположного знака, сопровождаемую интенсивным свечением. Пик термовысвечивания при 220 К совпадает с аналогичным пиком, полученным после γ-облучения [5, 6].

На наш взгляд, возможны по крайней мере два механизма образования свободных зарядов: во-первых, ионизация с возбужденного состояния $^4T_2$ ионов Cr^{3+}, поглощение с которого наблюдали в работе [1], в зону проводимости; во-вторых, ионизация дефектов кристалла ГСГГ: Cr^{3+}.

Для определения более предпочтительной из этих возможностей исследовалась зависимость накопленной светосуммы от длины волны поглощаемого света. В случае ионизации (из возбужденного состояния) ионов хрома подсветка в полосу поглощения этих ионов должна приводить к максимальной величине светосуммы. Однако, как видно из табл. 1, на длине волны $\lambda = 436$ нм максимума накопленной светосуммы не наблюдается ни в случае прямого подсчета по площади под кривой термовысвечивания, ни после корректировки путем учета количества поглощаемого света. Таким образом, более обоснованной оказывается возможность образования свободных зарядов путем ионизации дефектов.

Таблица 1

λ, нм	Светосумма, отн. ед.	
	1	2
365	10,9	211,8
436	4,3	11,7
526	1	1

Примечание. Светосумма определялась по площади кривой термовысвечивания (1) и с учетом поглощенного света (2)

После γ-облучения при 77 К в спектре кристалла ГСГГ:Cr^{3+} образуется наведенное поглощение, имеющее в видимой области максимум при 520 нм (рис. 2). Подсветка вблизи этого максимума второй гармоникой неодимового лазера приводит к фотообесцвечиванию. Отсюда можно заключить, что наведенное поглощение также обусловлено поглощением дефектов, захвативших заряды. Отжиг таких кристаллов приводит к их обесцвечиванию, причем скорость изменения наведенного поглощения пропорциональна интенсивности рекомбинационного свечения.

Представляет интерес установление природы дефектов, ответственных за образование наведенного поглощения. Увеличение числа дефектов, поглощающих в УФ-области, после термообработки на воздухе неактивированного кристалла, на наш взгляд, обусловлено внедрением кислорода в матрицу и созданием соответствующих структурных дефектов. Уменьшение же интенсивности поглощения в УФ-области после термообработки кристалла в вакууме обусловлено выходом избыточного кислорода и соответствующим уменьшением числа дефектов этого типа. Эти изменения сопровождаются перезарядкой части остальных дефектов, что проявляется в измерениях спектра поглощения в области $\lambda > 300$ нм (см. рис. 1).

Сходное, но более интенсивное УФ-поглощение наблюдается и в кристаллах, активированных ионами хрома. Большее количество подобных дефектов, очевидно, обусловлено их стабилизацией в присутствии ионов хрома. Подтверждением служит то, что в отличие от неактивированного кристалла термообработка как в вакууме, так и на воздухе не вызывает заметного изменения количества подобных дефектов в кристаллах ГСГГ : Cr^{3+}.

Особенно наглядной становится взаимосвязь дефектов, возникших во время роста кристалла ГСГГ : Cr^{3+}, а также после термообработки на воздухе неактивированного кристалла ГСГГ, после γ-облучения. На рис. 2 приведены спектры наведенного поглощения, полученные как разность спектров кристаллов до и после облучения. В видимой области в кристаллах ГСГГ образуется интенсивное наведенное поглощение, а в УФ-области $\lambda < 330$ нм оно уменьшается. В кристаллах ГСГГ:Cr^{3+} в области $\lambda < 330$ нм, наоборот, наблюдается рост интенсивности наведенного поглощения. Другими словами в первом случае происходит уменьшение количества ранее интенсивно поглощавших центров в связи с их перезарядкой и, соответственно, увеличение поглощения в видимой области, а во втором, наоборот, происходит восстановление заряда этих центров и, как следствие, сильный рост поглощения в УФ-области. Следовательно, в обоих случаях поглощение обусловливается одними и теми же центрами, только исходные зарядовые состояния их различны. Изменение зарядовых состояний вызвано, очевидно, наличием в матрице ионов хрома.

Таким образом, возникновение центров окраски в кристаллах ГСГГ:Cr^{3+} под действием излучения накачки с $\lambda < 420$ нм обусловлено освобождением зарядов

с уровней дефектов, связанных с вхождением кислорода во время роста кристаллов. Полученные результаты могут иметь важное значение и при исследовании других оксидных лазерных материалов.

Авторы благодарят С.Х. Батыгова и И.А. Щербакова за обсуждение результатов настоящей работы.

Институт ядерной физики
Академии наук УзССР, Ташкент

Поступило
8 I 1986

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жариков Е.В., Ильичев Н.Н., Калитин С.П. и др.* – Изв. АН СССР. Сер. физ., 1984, т. 48, № 7, с. 1354–1358. 2. *Каминский А.А.* Лазерные кристаллы. М.: Наука, 1975. 256 с. 3. *Жариков Е.В., Ильичев Н.Н., Калитин С.П. и др.* – Квантовая электроника, 1983, т. 10, № 9, с. 1916–1919. 4. *Ашуров М.Х., Курбанов А.М., Михтяхетдинова Н.Р. и др.* Респ. конф. молодых ученых: Актуальные вопросы прикладной физики. Тез. докл. Ташкент: Фан, 1985, с. 10. 5. *Ашуров М.Х., Жариков Е.В., Лаптев В.В. и др.* – Изв. АН СССР. Сер. физ., 1984, т. 48, № 7, с. 1343–1345. 6. *Ашуров М.Х., Жариков Е.В., Лаптев В.В. и др.* – ДАН, 1985, т. 282, № 5, с. 1104–1106.

УДК 533.587 : 539.21 : 541.183 ФИЗИКА

С.П. ВОРОБЬЕВ, член-корреспондент АН СССР И.И. НОВИКОВ, В.А. СУХАРЕВ

РЕШЕТОЧНАЯ СОРБЦИЯ ГЕЛИЯ

В работе [1] в качестве попытки объяснения "гелиевой памяти" масс-спектрометрических установок [2] высказано предположение о существовании для инертных газов, в частности для гелия, помимо физической поверхностной сорбции, сорбции, связанной с особенностями состояния атомов инертного газа в решетке твердого тела.

С целью изучения этого вида сорбции проведено экспериментальное исследование поглощения гелия газопоглотителями. Представляемая работа посвящена результатам экспериментального исследования поглощения гелия нераспыляемыми титановыми и распыляемыми бариевыми газопоглотителями и интерпретации полученных результатов.

Эксперименты проводили на стеклянных отпаянных приборах (рис. 1), состоящих из термопарного манометрического преобразователя, соединенного с сорбционным объемом, в котором размещены активированные титановые или распыляемые бариевые газопоглотители. Сорбционный объем и объем манометрического преобразователя разделены вскрываемым капилляром. Объем манометрического преобразователя наполнялся гелием до давления 3–6 Па. С целью повышения точности измерений питание манометрического преобразователя осуществлялось от химических источников, ток нагревателя преобразователя измерялся амперметром класса 0,5, эдс термопары преобразователя – цифровым вольтметром В7-18. Замеры показали, что воспроизводимость показаний термопарного манометрического преобразователя не хуже 0,5%. Приборы были изготовлены из стекла С-52-1.

Цель эксперимента состояла в исследовании зависимости давления гелия от температуры сорбционного объема. После вскрытия капилляра и установления давления в приборе сорбционный объем помещали в нагреватель. По мере изменения