ЖУРНАЛ ПРИКЛАДНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

1988

1

ЯНВАРЬ

ТОМ

48

мя как для колоколообразного импульса—в момент $t_э = 2\tau + (2{,}8 \div 2{,}9)\Delta$ Переходя от амплитуды сигнала к интенсивности $I(t) \infty |<\rho^{3)}_{ba}(t)>|$ можно оценить влияние формы импульса на интенсивность сигнала эха На рисунке приведена кривая зависимости отношения интенсивностей откликов, возбуждаемых трапециевидным ($I_{трап}(t_э)$) и прямоугольным ($I_{пр}(t_э)$) импульсами, от параметра t^*_p, являющегося фактором искажения импульса. (Для удобства значения интенсивностей брались в момент $t = t_э$, а площади импульсов полагались равными.) Видно, что по мере искажения прямоугольного импульса интенсивность сигнала эха увеличивается, достигая максимума в случае возбуждения системы треугольным импульсом. Для того чтобы иметь возможность сравнить влияние колоколообразных и близкого к ним по форме треугольного импульсов на интенсивность сигнала эха, примем в качестве длительности колоколообразного импульса величину T_p. Полагая равенство площадей импульсов, для отношения интенсивностей $I_{тр}/I_{k1,2}$ ($I_{тр}$ и $I_{k1,2}$ — интенсивности откликов, возбуждаемых треугольными и колоколообразными импульсами с $n=1$ и $n=2$ соответственно) получим $I_{тр}/I_{k1} = 0{,}87$, $I_{тр}/I_{k2} = 0{,}92$.

Таким образом, максимальная амплитуда и интенсивность сигнала эха получаются при возбуждении системы импульсами колоколообразной и треугольной формы, в то время как для импульсов прямоугольной формы они минимальны. Для корректного определения влияния формы импульсов необходимо, чтобы ширина спектра импульса любой формы была меньше неоднородной ширины линии. В противном случае в процесс возбуждения будет вовлекаться одно и то же число спиновых пакетов независимо от формы импульса. В [2] при исследовании спинового эха на E'_1-центрах в кварце экспериментальные условия соответствовали приближению широкой спектральной линии, что и позволило авторам проследить за влиянием формы возбуждающих импульсов на интенсивность сигнала эха.

Авторы выражают благодарность В. В. Самарцеву за ценные замечания, возникшие при ознакомлении с рукописью настоящей работы.

Summary

The theoretical study is made of the dependence of the amplitude and intensity of electromagnetic echo-responses of the resonance medium on the shape of excitation pulses. The most strong responses are shown to generate when influencing the triangular shape pulses system.

Литература

1. **Смоляков Б. П., Хаймович Е. П.** // ЖЭТФ. 1979. Т. 76, № 4. С. 1303—1308.
2. **Федорук Г. Г.**: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. Минск, 1981.
3. **Харкевич А. А.** Спектры и анализ. М., 1962.
4. **Елютин С. О., Захаров С. М., Маныкин Э. А.** // ЖЭТФ. 1979. Т. 76, № 3. С. 835—845; **Елютин С. О., Захаров С. М., Зуйков В. А.** // ЖЭТФ. 1985. Т. 88, № 2. С. 401—416.
5. **Шагидуллин А. Г.** // Материалы I Всесоюз. симпоз. по световому эхо. Казань, 1973. С. 107—112.
6. **Маныкин Э. А., Самарцев В. В.** Оптическая эхо-спектроскопия. М., 1984.

Поступило в редакцию 26.08.86.

УДК 535.34:539.12.04

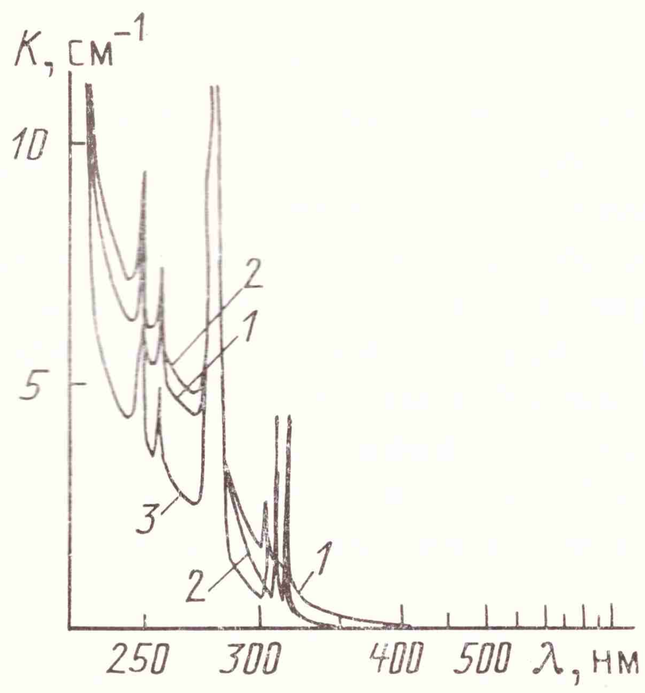
М. Х. Ашуров, И. Н. Насыров, В. В. Осико, П. К. Хабибуллаев

ПРОСВЕТЛЕНИЕ В УФ-ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛОВ ГСГГ ПОСЛЕ γ-ОБЛУЧЕНИЯ

Использование лазера на основе кристаллов гадолиний-скандий-галлиевого граната (ГСГГ) в различных устройствах [1, 2] делает актуальным подробное исследование свойств данной активной среды [3].

В настоящей работе сообщается о результатах исследования влияния термообработки и γ-облучения на оптическое поглощение кристаллов ГСГГ.

Исследуемые кристаллы выращены методом Чохральского. Спектры поглощения снимались при 300 К в области 200—800 нм. Термообработка проводилась на воздухе и в вакууме в течение 1 ч до температуры 1500 К. Образцы облучались γ-излучением Co^{60} мощностью 1400 Р/с



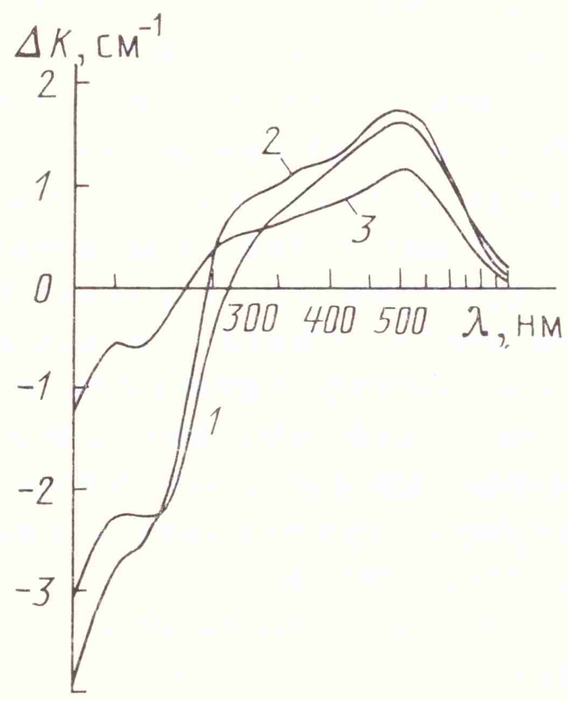


Рис. 1. Спектры поглощения кристаллов ГСГГ: свежевыращенного *(1)*, после отжига при 1300 К в течение 1 ч на воздухе *(2)* и в вакууме *(3)*

Рис. 2. Спектры наведенного поглощения кристаллов ГСГГ после γ-облучения при 300 К дозой 10^6 Р: исходного *(1)* и термообработанного на воздухе *(2)* и в вакууме *(3)*

до дозы 10^6 Р. Кривые термовысвечивания облученных образцов снимались в диапазоне 300—500 К со скоростью нагрева 0,2 град/с.

На рис. 1 приведены спектры поглощения кристалла ГСГГ, не подвергавшегося термообработке и отожженного на воздухе и в вакууме при температуре 1300 К. На фоне узких полос поглощения, соответствующих f—f-переходам ионов Gd^{3+}, в УФ-области ($\lambda<300$ нм) наблюдается бесструктурная полоса поглощения, интенсивность которой увеличивается с уменьшением длины волны. По сравнению с исходным образцом концентрация поглощающих в УФ-области центров после отжига на воздухе увеличивается, а после отжига в вакууме уменьшается.

После γ-облучения происходит перезарядка поглощающих центров. Возникающие при этом изменения спектров поглощения отражены на рис. 2. В видимой области появляется широкая бесструктурная полоса поглощения, а в УФ-области при $\lambda<300$ нм интенсивность поглощения существенно уменьшается (эффект «просветления»). Причем у отожженного на воздухе кристалла наблюдаемое в УФ-области просветление сильнее и наведенное в видимой области поглощение больше, а у отожженного в вакууме просветление слабее и наведенное поглощение меньше, чем у кристалла, не подвергавшегося термообработке.

Согласно полученной зависимости интенсивности наведенного поглощения от дозы облучения вблизи максимума поглощения ($\lambda=500$ нм), у отожженного на воздухе образца интенсивность наведенного поглощения достигает насыщения при более высоких дозах и на более высоком уровне, а у отожженного в вакууме — при более низких дозах и на более низком уровне по сравнению со свежевыращенным образцом. Так, насыщение до 95% от максимальной интенсивности наведенного поглощения у отожженного на воздухе образца происходит при дозе $5\cdot10^4$ Р, у свежевыращенного образца при $4\cdot10^4$ Р, у отожженного в вакууме при $2\cdot10^4$ Р.

Исследование изменения спектра поглощения кристалла ГСГГ в

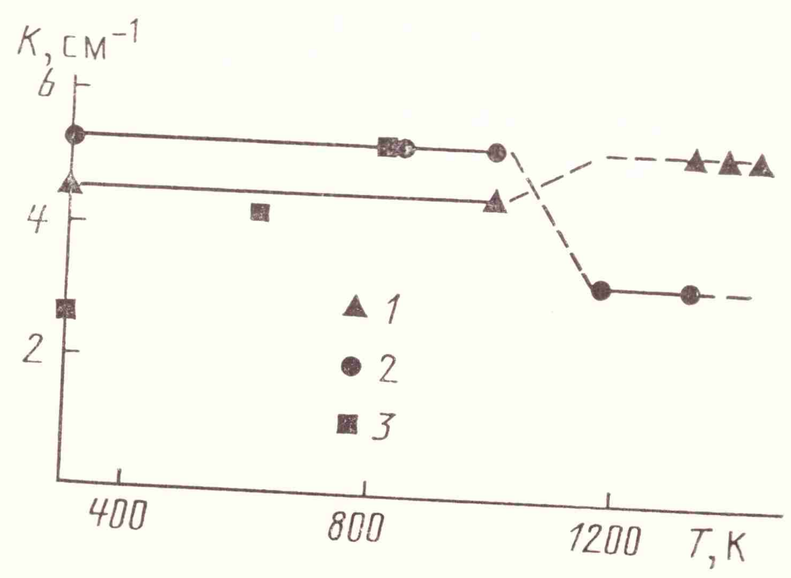
зависимости от температуры отжига при постоянном времени выдержки в 1 ч показало, что концентрация поглощающих в УФ-области центров изменяется в основном при температуре выше 1000 К. На рис 3 приведено изменение коэффициента поглощения на длине волны $\lambda=260$ нм. Имеется область насыщения при $T>1000$ К, где концентрация этих центров практически не изменяется. Отжиг в вакууме при $T=1500$ К приводит к потемнению в центре кристалла и образованию у поверхности непрозрачного беловатого слоя.

Вызванные γ-облучением изменения спектров поглощения при нагреве исчезают при температуре гораздо ниже 1000 К. Например, при $T=800$ К поглощение в УФ-области ($\lambda=260$ нм) отожженного на воздухе образца полностью восстанавливается до исходного (рис. 3).

Исследование термовысвечивания γ-облученных образцов показывает, что одновременно с уменьшением числа поглощающих в УФ-области центров после отжига в вакууме происходит увеличение числа центров, высвобождающих захваченные во время облучения заряды, что соответствует максимуму рекомбинационного свечения при 360 К (рис. 4). Увеличение же числа поглощающих в УФ-области центров после отжига на воздухе сопровождается уменьшением интенсивности пика с максимумом при 360 К.

Полученные результаты находятся в хорошем соответствии с ранее проведенными исследованиями других кристаллов со структурой граната. Так, у образцов иттрий-алюминиевого граната (ИАГ), выращенных в атмосфере азота, наблюдаемое поглощение в УФ-области значительно больше, чем у выращенных в вакууме [4]. После коротковолнового облучения в кристаллах ИАГ, выращенных в атмосфере азота, в УФ-области наблюдается просветление, а в видимой области — наведенное поглощение [5]. В работе [6] также наблюдается просветление в УФ-области у выращенных методом Чохральского кристаллов галлиевых гранатов после γ-облучения. Поглощающие в УФ-области центры интерпретированы как структурные дефекты кислородной подрешетки, возникающие во время роста кристаллов, при перезарядке которых после γ-облучения наблюдается уменьшение УФ-поглощения.

Проведенное нами численное моделирование кинетики накопления



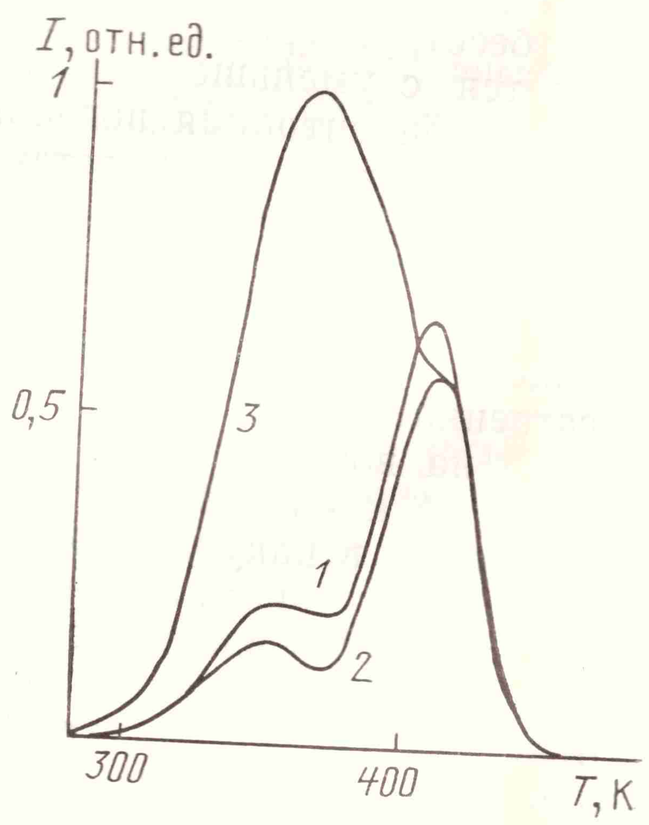


Рис. 3. Изменение УФ-поглощения кристаллов ГСГГ на длине волны $\lambda=260$ нм от температуры при постоянном времени выдержки 1 ч после термообработки на воздухе исходного кристалла *(1)* и в вакууме отожженного на воздухе кристалла *(2)*, а также после γ-облучения дозой 10^6 Р отожженного на воздухе кристалла, время выдержки 1 мин *(3)*

Рис. 4. Термовысвечивание γ-облученных дозой 10^6 Р кристаллов ГСГГ: исходного *(1)* и термообработанного на воздухе *(2)* и в вакууме *(3)*

наведенной окраски в зависимости от дозы облучения показывает, что наблюдаемое экспериментально более быстрое и на более низком уровне насыщение наведенного поглощения кристалла, отожженного в вакууме, может быть получено как за счет общего уменьшения количества дефектов, так и за счет уменьшения количества дефектов только одного типа, например, создающих центры захвата электронов, даже при одновременном возрастании количества захватывающих дырки центров.

Таким образом, совокупность полученных результатов позволяет сделать предположение о характере структурных дефектов кислородной подрешетки. Изменение концентрации этих дефектов после термообработки, а также зависимость их перезарядки после γ-облучения от условий термообработки, степень и скорость насыщения наводимой окраски указывают на то, что поглощающие в УФ-области дефекты обусловлены вхождением кислорода в матрицу. Достаточно низкая температура изменения концентрации этого кислорода, существование области насыщения при $T>1000$ K, а также одновременное увеличение числа дефектов, создающих пик термовысвечивания при 360 K при уменьшении числа этого кислорода, говорит о его локализации на уже имеющихся дефектах структуры, например, связанных с нарушением стехиометрии состава при выращивании галлиевых гранатов из расплава [7].

Summary

The gadolinium-scandium-gallium garnet crystals annealing in air or in vacuum at the temperature above 1000 K leads to an increase or decrease of absorbing centers in an UV region, respectively. The γ-irradiation coloration in a visible region and the optical density decrease in an UV region ($\lambda<300$ nm) are observed in crystals to the smaller degree in those annealed in vacuum and to the greater degree in those annealed in air. The absorbing centers in an UV region are supposed to be connected with oxygen localized on structural defects of GSGG crystals.

Литература

1. **Жариков Е. В., Колеров А. Н., Лаптев В. В.** и др. // Докл. АН СССР. 1985. Т. 285, № 1. С. 92—95.
2. **Жариков Е. В., Лаптев В. В., Натаров С. Ю.** и др. // Квант. электр. 1985. Т. 12, № 11. С. 2198—2199.
3. **Ашуров М. Х., Жариков Е. В., Лаптев В. В.** и др. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1984. Т. 48, № 7. С. 1343—1345.
4. **Кулагин Н. А., Овечкин А. Е., Антонов Е. В.** // ЖПС. 1985. Т. 43, № 3. С. 478—484.
5. **Mori K.** // Phys. Stat. Sol. (a). 1977. V. 42, N 1. P. 375—384.
6. **Литвиненко В. И., Сугак Д. Ю., Матковский А. О.** и др. // ЖПС. 1985. Т. 43, № 6. С. 1014—1016.
7. **Ашуров М. Х., Воронько Ю. К., Осико В. В., Соболь А. А.** // Спектроскопия кристаллов. Л., 1978. С. 71—83.

Поступило в редакцию 17.07.86,
после доработки — 14.07.87.

УДК 551.463

С. И. Кононович, Е. К. Науменко, В. Е. Плюта

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ СПЕКТРОВ ЯРКОСТИ ВЫХОДЯЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО СОДЕРЖАНИЯ РАССЕИВАЮЩИХ И ПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ МОРСКОЙ ВОДЫ

В ряде работ делается попытка оценить содержание основных компонентов морской воды по результатам дистанционных оптических измерений [1—8]. Большинство из них посвящено определению концен-