

## ФОТОИНДУЦИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ ИТТРИЙ-ЖЕЛЕЗИСТОГО ГРАНАТА

© Р.А.Дорошенко, М.Д.Надеждин

Институт физики молекул и кристаллов Российской академии наук,  
450065 Уфа, Россия

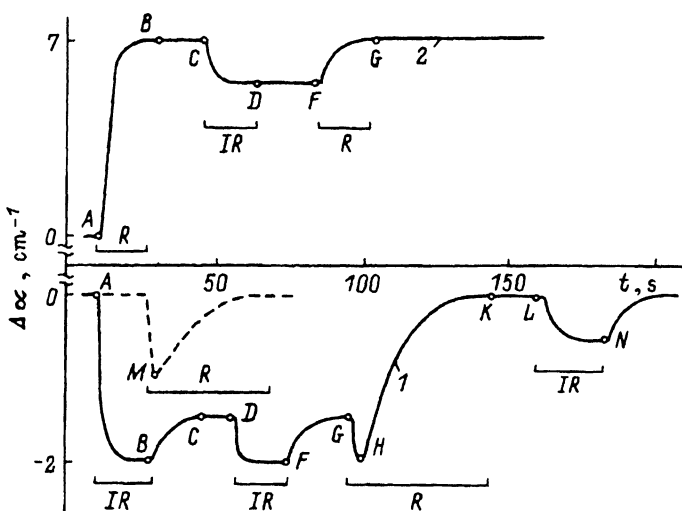
(Поступила в Редакцию 12 мая 1996 г.)

Исследованы фотоиндуцированные изменения оптических характеристик монокристаллов иттрий-железистого граната.

Открытие явления изменения магнитных свойств в иттрий-железистых гранатах (ИЖГ) при освещении [1] вызвало интерес к более детальному изучению влияния света на физические свойства магнитных материалов. Было обнаружено, что наряду с магнитными меняются и магнитооптические свойства ИЖГ [2,3]. На длине волны  $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$  наблюдалось увеличение оптического поглощения для образцов  $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ , легированных  $\text{Ca}^{2+}$ , и просветление для образцов, легированных  $\text{Si}^{4+}$  [4], а также изучалось дополнительное фотоиндуцированное поглощение в спектральном диапазоне  $700\text{--}4000 \text{ cm}^{-1}$  в  $\text{Y}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Si}_x\text{O}_{12}$  ( $x = 0.043$ ) при 20 К [5].

В данной работе представлены экспериментальные результаты фотоиндуцированных изменений оптического поглощения в монокристаллах ИЖГ, выращенных из растворителей  $\text{BaO}\text{--}\text{Ba}_2\text{O}_3$  (образцы ИЖГ (Ba)) и  $\text{PbO}\text{--}\text{PbF}_2$  (образцы ИЖГ (Si), легированные кремнием), обладающих различными фотомагнитными свойствами [6]. Измерение коэффициента поглощения  $\alpha$  проводилось в спектральном диапазоне  $1\text{--}1.5 \mu\text{m}$ , в котором величина и знак изменения  $\alpha$  зависят от концентрации и валентности примеси. Детально исследовалась кинетика  $\alpha$  при различных спектральном составе и интенсивности облучающего света. Образцы были изготовлены в виде дисков толщиной  $0.05\text{--}0.06 \text{ cm}$  и отполированы с обеих сторон.

Спектральная зависимость фотоиндуцированного поглощения изучалась методом дискретного сканирования. После помещения образца в жидкий азот при фиксированной длине волны регистрировалась разность сигналов измерительного луча до и после освещения образца от дополнительного источника, и по этим значениям вычислялось изменение  $\Delta\alpha$  на выбранной длине волны. При переходе к новой длине волны образец нагревался до 300 К и измерения повторялись.



Временные зависимости изменения коэффициента поглощения  $\Delta\alpha$  на длине волны  $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$  в процессе воздействия света при  $T = 78 \text{ K}$  на ИЖГ(Si) (1) и ИЖГ(Ba) (2).

IR и R — интервалы времени воздействия света соответственно спектрального диапазона 1-2 и 0.7-2  $\mu\text{m}$ .

Такая методика позволяла свести к минимуму влияние зондирующего луча на результаты измерений. Фотоиндуцированное поглощение  $\Delta\alpha = (1/d)\ln(I_d/I_l)$  рассчитывалось из интенсивности луча до  $I_d$  и после  $I_l$  освещения с учетом толщины образца  $d$  (cm). Для образцов ИЖГ(Ba) первоначальное освещение увеличивает оптическую плотность, а в ИЖГ(Si) поглощение уменьшается. Максимальная величина эффекта для всех образцов лежит вблизи длинноволнового края поглощения (1  $\mu\text{m}$ ) и монотонно убывает до нуля к 1.4  $\mu\text{m}$ . Причем для ИЖГ(Si) максимальный эффект ( $\Delta\alpha \approx -2 \text{ cm}^{-1}$ ) наблюдается при освещении через ИКС-7, а для ИЖГ(Ba) ( $\Delta\alpha \approx 7 \text{ cm}^{-1}$ ) — при освещении через КС-17.

Измерения временных зависимостей изменения оптического поглощения  $\Delta\alpha$  в процессе воздействия света различного спектрального состава проводились на фиксированной длине волны  $\lambda = 1.1 \mu\text{m}$ . Изменение спектра облучения осуществлялось широкополосными фильтрами КС-17 и ИКС-7 с полосой пропускания соответственно 0.65-2 и 1-2  $\mu\text{m}$ .

Для ИЖГ(Si) временные зависимости  $\Delta\alpha$  изображены на рисунке (кривая 1). Максимальное начальное просветление (участок AB) вызывается ИК-светом с  $\lambda > 1 \mu\text{m}$  (фильтр ИКС-7) при небольшой интенсивности облучения. После выключения света наблюдается частичное самопроизвольное увеличение  $\alpha$  (участок BC). При следующем включении ИК-света наблюдается повторное уменьшение поглощения  $\alpha$  (участок DF), которое после выключения воздействия возвращается в исходное состояние (участок FG). Расширение спектрального интервала облучения в коротковолновую сторону до 0.65  $\mu\text{m}$  приводит к тому, что при следующем воздействии после быстрого спада (участок GH) наблюдается возрастание  $\alpha$  до первоначальной величины (участок HK). Однако это состояние не является тождественным

начальному состоянию, так как в этом случае ИК-облучение приводит только к незначительному и обратимому «просветлению» (участок  $LN$ ). Возврат в исходное состояние достигался нагреванием образца до 300 К. Если первоначальное воздействие осуществляется через КС-17, наблюдается зависимость  $\alpha$ , изображенная на рисунке штриховой линией. При длительном воздействии после быстрого спада наблюдается медленное возрастание  $\alpha$  до начального значения. При выключении подсветки в момент наибольшего спада (точка  $M$ ) достигнутое значение  $\alpha$  сохраняется при незначительной релаксации.

Первоначальное облучение через светофильтр КС-17 образцов ИЖГ(Va) приводит к увеличению оптического поглощения (участок  $AB$  кривой 2). Отметим, что при первоначальном ИК-воздействии ( $\lambda > 1 \mu\text{m}$ ) наблюдается незначительное увеличение  $\alpha$ . Последующее ИК-воздействие вызывает уменьшение  $\alpha$  (участок  $CD$ ), и это состояние не распадается после выключения воздействия света (участок  $DF$ ). Возрастание до прежнего уровня происходит при освещении через светофильтр КС-17 (участок  $FG$ ).

Таким образом, в исследованных образцах обнаружены два типа фотоиндуцированных эффектов в оптическом поглощении: первоначальный эффект необратимого при азотной температуре изменения оптического поглощения, наблюдаемый при воздействии света через КС-17, и обратимое уменьшение поглощения после последующих ИК-воздействий. Имеются некоторые особенности проявления этих эффектов в образцах ИЖГ(Va) и ИЖГ(Si), обусловленные различием количества и типа ионов железа. Так, первоначальный эффект в ИЖГ(Si) имеет немонотонный характер. Обратимый эффект после выключения ИК-воздействия в ИЖГ(Si) распадается, а в ИЖГ(Va) обратимость достигается дополнительным воздействием света через светофильтр КС-17.

Зависимость оптического поглощения в ИЖГ в ближней ИК-области спектра от иновалентных магнитных ионов [7,8] является основанием для возможных корреляций между магнитными и оптическими фотоиндуцированными изменениями. Сравнение результатов ранее проведенных исследований магнитной анизотропии [6] и других магнитных параметров [9] на этих же образцах с результатами исследования оптических фотоиндуцированных эффектов позволяет сделать следующие заключения. В ИЖГ(Va) первоначальный эффект в оптическом поглощении вызван образованием ионов  $\text{Fe}^{4+}$ . В ИЖГ(Si) убывание оптического поглощения возможно при уменьшении на первой стадии количества ионов  $\text{Fe}^{2+}$  при двухстадийном перераспределении их от «ближних» относительно ионов  $\text{Si}^{4+}$  к «дальним» положениям. Последующее возрастание  $\alpha$  может быть связано с возникновением ионов  $\text{Fe}^{2+}$  в «дальних» положениях. Обнаруженные обратимые оптические эффекты также объясняются изменением количества соответствующих иновалентных ионов железа вблизи донорных или акцепторных центров.

Работа частично поддержана грантом ISF J49100 и Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 94-02-04737).

### Список литературы

- [1] P.W. Teale, D.W. Teample. Phys. Rev. Lett. **19**, 904 (1967).
- [2] A. Tucciarone. Physics of magnetic garnets. 70 Corso. Soc. Italiana di Fisica. Bologna, Italy (1978).
- [3] В.Ф. Коваленко, Э.Л. Нагаев. УФН **148**, 561 (1986).
- [4] E.M. Gyorgy, J.F. Dillon, J.P.J. Remeika. Appl. Phys. **42**, 1454 (1971).
- [5] Н.Г. Находкин, В.В. Вознюк. ФТТ **31**, 1, 114 (1989).
- [6] Р.А. Дорошенко. Тр. ИОФРАН **44**, 105 (1992).
- [7] D.L. Wood, J.P. Remeika. Appl. Phys. **38**, 1038 (1967).
- [8] G.B. Scott, J.L.S. Page. Phys. Stat. Sol. (b) **79**, 203 (1977).
- [9] Р.А. Дорошенко, М.С. Сетченков, И.В. Владимиров, В.А. Тимофеева. ФТТ **34**, 2, 377 (1992).