

НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В КАЛИЕВО-АЛЮМОБОРАТНОМ СТЕКЛЕ С НАНОЧАСТИЦАМИ ХЛОРИДА МЕДИ

А.А. Ким, П.С. Ширишев

Представлены экспериментальные результаты исследования нелинейно-оптических свойств калиево-алюмоборатного стекла с нанокристаллами CuCl на длине волны 0,53 и 1,064 мкм.

Ключевые слова: хлорид меди, нелинейная оптика.

Развитие технологий создания композитных сред на основе стекла позволяет изменять их оптические свойства за счет управляемого роста наночастиц и изменения их концентрации [1]. Стекла с наночастицами CuCl обнаруживают нелинейно-оптический отклик при малых плотностях энергии в диапазоне от 10^{-6} до 10^{-3} Дж/см² [2]. Целью данной работы является исследование нелинейно-оптических свойств стекол с нанокристаллами CuCl в наносекундном диапазоне на длинах волн 0,53 и 1,064 мкм.

В экспериментах использовались образцы калиево-алюмоборатного стекла с первоначальным составом $V_2O_5-Al_2O_3-K_2O$ с добавлением Cu_2O , $NaCl$, Sn_2O_3 , Sb_2O_3 , Na_3AlF_6 , NH_4PO_4 . Образцы подвергались термообработке при температуре 412°C в течение 10 часов. Термообработка приводит к формированию в стекле нанокристаллов CuCl. По нашим оценкам, в результате термообработки при данных условиях средний размер наночастиц составляет 7–10 нм.

На рисунке представлена зависимость коэффициента пропускания от плотности энергии падающего излучения в сфокусированном пучке. На зависимости для $\lambda = 0,53$ мкм можно выделить две области с различным наклоном кривой относительно оси абсцисс. Первая часть, более пологая, соответствует диапазону плотностей энергии от 10^{-8} до 10^{-3} Дж/см². Вторая часть зависимости проявляет более крутой наклон в диапазоне плотностей энергии от 10^{-3} до 10^{-2} Дж/см². Аналогичную зависимость коэффициента пропускания от плотности энергии падающего излучения наблюдается для $\lambda = 1,064$ мкм в диапазонах плотностей энергий от 10^{-7} до 10^{-3} Дж/см² и от 10^{-3} до 10^{-1} Дж/см² соответственно. Отметим, что относительное уменьшение пропускания больше для $\lambda = 0,53$ мкм.

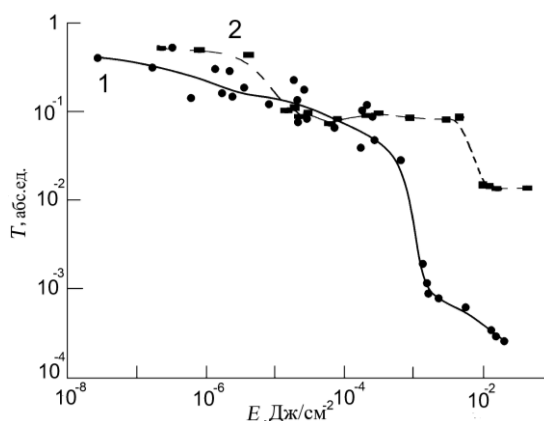


Рисунок. Зависимость коэффициента пропускания образцов от плотности энергии падающего излучения на длине волны 0,53 и 1,064 мкм. Длительность лазерного импульса 5 нс: 1 – $\lambda = 0,53$ мкм; 2 – $\lambda = 1,064$ мкм

Нелинейно-оптический отклик в низкопороговой области, предположительно, формируется в результате самодефокусировки излучения при однофотонной генерации электронов. Фотогенерация электронов в нанокристаллах CuCl происходит с глубоких примесных уровней в запрещенной зоне. Поэтому свободные электроны могут возникать в результате однофотонного примесного поглощения, а также в результате каскадных переходов. Высокопороговая область ограничения вызвана несколькими механизмами: двухфотонным поглощением в среде [3], самодефокусировкой на динамической линзе, возникающей при нагревании стекла и формированием центров окраски [2]. Для $\lambda = 1,064$ мкм существенными являются два последних механизма.

1. Dotsenko A.V., Glebov L.B., Tsekhomsky V.A. Physics and Chemistry of Photochromic Glasses // CRC Press LLC, 1998. – P. 190.
2. Низкопороговый нелинейно-оптический отклик фотохромных стекол с нанокристаллами хлорида меди / Н.В. Никоноров, А.И. Сидоров, В.А. Цехомский // Оптический журнал. – 2008. – Т 75. – № 12. – С. 61–65.
3. Nonlinear absorption and refraction in CuCl at 532 nm / A.A. Said, T. Xia, D.J. E.W. Hagan and Van Stryland // J. Opt. Soc. Am. B. – April 1997. – V. 14. – № 4.

Ким Александр Александрович – СПбГУ ИТМО, аспирант, kimalexandr@yandex.ru; Ширишев Павел Сергеевич – СПбГУ ИТМО, студент, redshuhart@inbox.ru