

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

А.А. Ким, П.С. Ширшнев

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/см<sup>2</sup> [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/см<sup>2</sup>. Вторая часть зависимости проявляет более крутой наклон в диапазоне плотностей энергии от  $10^{-3}$  до  $10^{-2}$  Дж/см<sup>2</sup>. 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/см<sup>2</sup> и от  $10^{-3}$  до  $10^{-1}$  Дж/см<sup>2</sup> соответственно. Отметим, что относительное уменьшение пропускания больше для  $\lambda = 0,53$  мкм.

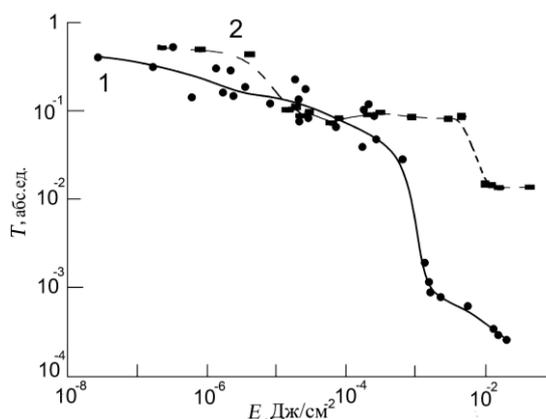


Рисунок. Зависимость коэффициента пропускания образцов от плотности энергии падающего излучения на длине волны 0,53 и 1,064 мкм. Длительность лазерного импульса 5 нс: 1 –  $\lambda = 0,53$  мкм; 2 –  $\lambda = 1,064$  мкм

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; Ширшнев Павел Сергеевич – СПбГУ ИТМО, студент, redshuhart@inbox.ru