

Новые термостойкие материалы для квантронов, полученные золь-гель методом

А. А. Бойко,
Е. Н. Подденежный,
И. М. Мельниченко,
О. И. Тюленкова,
В. С. Дубровский

Гомельский Гос. университет им. Ф. Скорины
Республика Беларусь, 246699, Гомель, ул. Советская, 104
тел (0232) 576-436, факс (0232) 578-111

В связи с необходимостью разработки новых типов термостойких оптических элементов для изделий квантовой электроники и приборостроения актуальность исследований в области перспективных технологий синтеза кварцевых стекол [1, 2] с заданными свойствами непрерывно растет. К ним относится золь-гель метод, который позволяет реализовать прямой переход золь-гель-стекло [3].

Известно, что в качестве материалов для изготовления моноблочных отражателей квантронов применяются традиционные плавленые кварцевые стекла КВ и КУ [4]. Кроме того, в качестве диффузно рассеивающих материалов используют стекла типа МС и КСП [5]. Однако применение этих материалов требует введения в квантрон дополнительных фильтров, отрезающих УФ-излучение. Легирование силикатных матриц церием способствует созданию стекол, обладающих электрической и магнитно-оптической активностью, а также способностью поглощать определенную область оптического излучения [6, 7]. Значительный интерес представляют вопросы формирования гелевых кварцевых стекол, легированных церием, для термостойких оптических УФ-фильтров в виде пластин, дисков и трубок.

Разработан золь-гель метод получения гелевых кварцевых стекол, легированных ионами церия и церия с медью, которые поглощают УФ-излучение и обладают хорошим пропусканием в видимой области спектра. Кроме того, создан стеклокристаллический материал состава $\text{SiO}_2\text{-CeO}_2$, диффузно рассеивающий проходящий через него свет.

Образцы гелевого кварцевого стекла, легированного церием и медью, синтезированы по технологической схеме, включающей гидролиз тетраэтилортосиликата до получения золя; введение в золь тонкодисперсного кремнезема и растворимых солей церия и меди; нейтрализацию золь-коллоидной системы слабым основанием; гелеобразование. Сушку и спекание при температурах 60...1200 °С проводили с выдержкой при максимальной температуре в течение 1,5...2 часов.

Получение стеклокристаллического материала $\text{SiO}_2\text{-CeO}_2$ включает в себя формирование микрокристаллов оксида церия в порах ксерогеля и дальнейшее спекание на воздухе при температуре 1200 °С.

Исследование спектров пропускания проводилось на спектрофотометре СФ-26. Измерения коэффициента линейного термического расширения (КЛТР) осуществлялось на кварцевом dilatометре ДКВ-5Ф в интервале температур 20...520 °С. Кривые пропускания образцов гелевого кварцевого стекла, легированного церием, в зависимости от концентрации легирующей добавки представлены на рис. 1. При концентрации 0,5% по массе кривая характеризуется интенсивным ультрафиолетовым поглощением с крутым коротковолновым краем для $\lambda < 360$ нм, относительно слабым диффузным поглощением в видимой и ИК-областях спектра. При концентрациях, превышающих 3% по массе, происходит, по всей вероятности, фазовое разделение микрокристаллов CeO_2 в силикатной матрице и система становится сильно рассеивающей. Для концентрации выше 5% по массе пропускание в области 350...600 нм снижается практически до нуля, а в ближней ИК-области спектра составляет 35...50%.

Совместное легирование гелевого кварцевого стекла ионами церия и меди (рис. 2, кривая 1) позволило сдвинуть край полосы поглощения до 420 нм при высоком пропускании в видимой области спектра. Кривая пропускания стеклокристаллического материала (рис. 2, кривая 2) показывает, что он обладает светопропусканием на уровне стекла КСР (рис. 2, кривая 3) и в тоже время отрезает излучение с длиной волны, меньше 360 нм.

Измерения КЛТР полученных стекол показали, что их значения находятся в диапазоне от $+2,0 \times 10^{-7}$ до $+5,8 \times 10^{-7} \text{K}^{-1}$ и соответствуют параметрам плавленного кварцевого стекла. Термостойкость достигает 1000 °С.

Результаты исследований позволили рекомендовать разработанные легированные кварцевые стекла к использованию в качестве оптических фильтров в квантронных

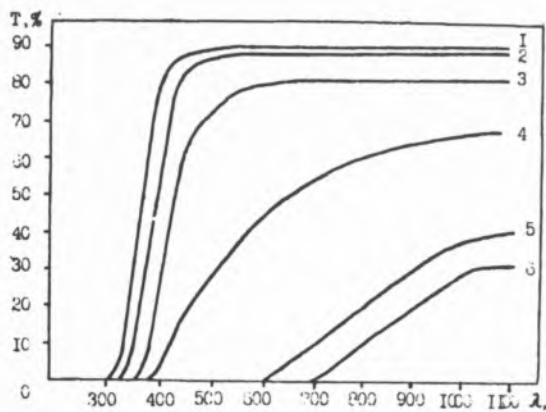


Рис. 1. Кривые пропускания гелевого кварцевого стекла, легированного церием ($l = 3$ мм) с концентрацией ионов церия % по массе: 1 (0,5); 2 (1); 3 (1,5); 4 (3); 5 (5); 6 (7).

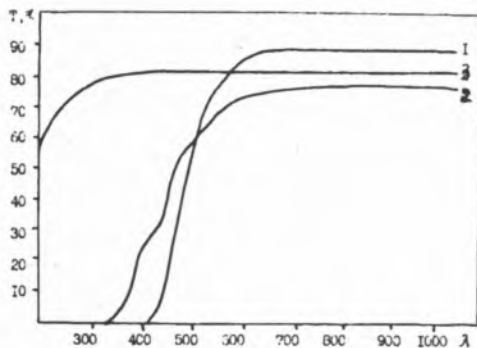


Рис. 2. Спектры пропускания стекол:
1 – легированного церием и медью;
2 – стеклокристаллического $\text{SiO}_2\text{-CeO}_2$;
3 – стекло КСР.

твердотельных лазеров, отсекающих актиничное излучение ламп накачки. Такие фильтры дают возможность применять в качестве охлаждающей жидкости дистиллированную воду или эксплуатировать квантроны при воздушном охлаждении.

Полученные плоские и трубчатые кварцевые светофильтры использованы в составе малогабаритных импульсных тепловых лазеров на александрите с охлаждением дистиллированной водой, а также в составе излучателя импульсно-периодического лазера с безжидкостным охлаждением на иттрий-алюминиевом гранате и неодимом для офтальмологии (схемы их расположения приведены на рис. 3). Опытно-промышленная проверка и результаты эксплуатационных испытаний подтвердили высокую эффективность плоских и трубчатых УФ-светофильтров. Кварцевые светофильтры данного и других назначений могут быть изготовлены под конкретные технические требования заказчика по оптическим параметрам, форме и размерам.

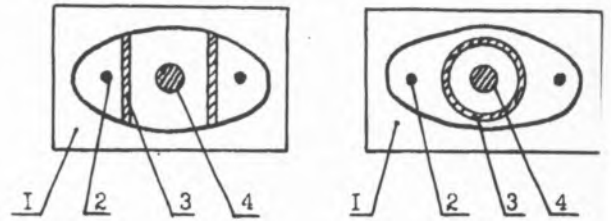


Рис. 3. Схемы расположения плоского (а) и трубчатого (б) кварцевых светофильтров в составе квантронов:
1 – корпус квантрона;
2 – лампа накачки;
3 – светофильтр;
4 – активный элемент.

Литература

1. K.S. Mazdiyasi, "Gel Technology in ceramics", *Ceramurgia*, Vol. XVIII, 219-224, 1988.
2. О.С. Дымшиц, А.А. Жилин, С.В. Чашин, Т.И. Чуваева, М.П. Шипилов, и красные стеклокристаллические материалы для термостойких фильтров", *Оптико-механическая промышленность*, № 1, с. 43.
3. L.L. Hench and I.K. West, "Sol-gel process", *Chem. Rev.*, Vol. 90, p. 33
4. С.И. Насельский, М.И. Румянцев, А.И. Рябов и др., О повышении эности АИГ: Nd^{3+} лазеров с ламповой накачкой", *Квантовая элек.* 10, № 11, сс. 2366-2367, 1983.
5. Т.И. Прохорова, О.М. Острогина, Е.Г. Романова, "Новый материал вое светорассеивающее стекло", *Стекло и керамика*, № 7, сс. 9
6. В.И. Арбузов, Н.Б. Белянкина, "Спектроскопические и фото свойства церия в силикатном стекле", *Физика и химия стекла*, сс. 593-604, 1990.
7. A. Sivade, G. Orcel, L.L. Hench, I. Bouaziz, R. Sempere and D. Bour *Crystalline Solids*, Vol. 105, pp. 232-242, 1988.