

до  $10^7$  рад и потоком нейтронов до  $10^{16}$  нейтрон/см<sup>2</sup> и возрастали во всем исследуемом спектральном интервале при облучении электронами дозой  $10^{11}$  рад и потоком нейтронов  $10^{17}$  нейтрон/см<sup>2</sup>. Эти значения являются, видимо, предельными, при которых работа устройств, использующих ХСП-волокна данного типа, возможна.

После облучения световодов электронами дозой  $5 \cdot 10^{11}$  рад и потоком нейтронов  $10^{18}$  нейтрон/см<sup>2</sup> был зафиксирован резкий рост наведенных потерь, обусловленный значительными, вплоть до разрушения поверхности, радиационными повреждениями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дианов Е. М., Петров М. Ю., Плотниченко В. Г., Сысоев В. К. Оценка минимальных оптических потерь в халькогенидных стеклах // Квантовая электрон.— 1982.— Т. 9, № 4.
2. Дианов Е. М. Волоконные световоды среднего ИК-диапазона // Изв. вузов. Радиоэлектроника.— 1983.— Т. 26, № 5.
3. Андриеш А. М., Быковский Ю. А., Бородакий Ю. В. и др. Стабильность ОБ на основе ХСП в условиях облучения большими дозами нейтронов // Письма в ЖТФ.— 1984.— Т. 10, вып. 9.
4. Андриеш А. М., Кулаков Е. В., Куляк И. П. и др. Оптические потери в волокнах из As—S в области 0,8—1,6 мкм // Квантовая электрон.— 1985.— Т. 12, № 9.
5. Kanamori T., Terayama Y., Takahashi S., Miyashita T. Transmission loss characteristics of As<sub>40</sub>S<sub>60</sub> and As<sub>38</sub>Ge<sub>5</sub>Se<sub>57</sub> glass clad fibers // J. Non-Cryst. Sol.— 1985.— V. 65.— P. 231.

Поступила в редакцию 27 ноября 1987 г.

УДК 537.314.1

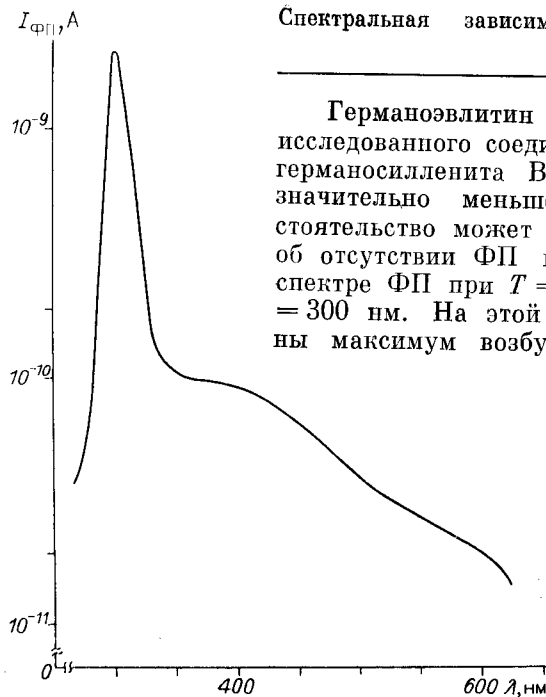
В. А. ГУСЕВ, С. И. ДЕМЕНКО, С. А. ПЕТРОВ

(Красноярск — Новосибирск)

### ФОТОПРОВОДИМОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛОВ $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$

Ортогерманат висмута (германозелитин  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  (BGO)) используется в качестве сцинтиллятора жестких  $\gamma$ -излучений. В настоящее время физические свойства BGO исследованы недостаточно, в частности, не изучена фоточувствительность материала. Известно, что наличие фотопроводимости (ФП) у люминесцирующих соединений является важным фактором, который необходимо учитывать при определении природы свечения. Вопрос о механизме возбуждения и излучения в сцинтилляторах BGO является открытым. В данной работе исследована фоточувствительность германозелитина вблизи края фундаментального поглощения и высказано предположение, что она связана с переносом носителей по зоне проводимости.

Исследуемые материалы выращивались методом Чохральского, образцы кристаллов BGO вырезались из буль размером  $15 \times 15 \times 1$  мм, поверхность полировалась. Измерение ФП проводилось как с водяными, так и с прозрачными электродами  $\text{SnO}_2 + \text{In}_2\text{O}_3$ . Электроды наносились методом вакуумного ВЧ-распыления окислов. Для исключения токов утечки по поверхности образца использовались охранные кольца, выполненные также из  $\text{SnO}_2 + \text{In}_2\text{O}_3$ . В качестве источника света применялась лампа ДКСШ-500, из спектра излучения которой монохроматором МДР-2 и набором стеклянных светофильтров выделялся необходимый спектр излучения. Источником напряжения служил выпрямитель Б5-24, фототок регистрировался электрометром ВК2-16, сигнал с которого записывался на самописец. Полученные спектры ФП нормировались относительно спектрального распределения мощности падающего на образец излучения, измеряемого радиационным термоэлементом РТН-30С.



Германозелитин в отличие от другого подробно исследованного соединения окислов  $\text{GeO}_2$  и  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  — германосилленита  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$  [1] — характеризуется значительно меньшей величиной ФП. Это обстоятельство может частично объяснить сообщение об отсутствии ФП в материале [2]. Максимум в спектре ФП при  $T = 300$  К находится вблизи  $\lambda = 300$  нм. На этой же длине волны расположены максимум возбуждения фотолюминесценции и край фундаментального поглощения кристаллов ( $E_g = 4,12$  эВ) [3]. В области 350—500 нм спектра ФП имеется локальный максимум, величина которого более чем на порядок меньше величины основного пика. Спектр ФП, приведенный на рисунке, получен для образцов с использованием водяных электродов. Удельное сопротивление материала

(темновое)  $\rho_{T_1} = 2,4 \cdot 10^{13}$  Ом·см. Для области спектра с  $\lambda > 550$  нм при приложенном к образцу напряжении 600 В и падающей мощности  $P \sim 4$  мВт/см<sup>2</sup> темновой ток сравним с фототоком. Измерение ФП с электродами и охранном кольцом из  $\text{SnO}_2 + \text{In}_2\text{O}_3$  показало, что спектральная зависимость фототока осталась без изменений, а величина удельного сопротивления возросла до  $\rho_{T_2} = 6,5 \cdot 10^{13}$  Ом·см. Полученные значения  $\rho_{T_1}$  и  $\rho_{T_2}$  более чем на три порядка выше приведенных в [2]. Вольт-амперная характеристика исследуемой структуры электрод—кристалл—электрод в диапазоне напряжений  $U_n = 100$ —600 В является линейной при  $\lambda = 300$  нм.

Определение типа основных носителей традиционными методами в широкозонных соединениях, к которым относится и ВГО, представляется достаточно трудной задачей. Исследование экзотермической термостимулированной эмиссии показало, что центры захвата в ВГО, освобождающиеся выше 300 К, являются ловушками для электронов [4]. Эти ловушки эффективно работают при комнатных температурах и заполняются при оптическом возбуждении. Поэтому закономерно предполагать, учитывая положения максимумов в спектрах ФП и возбуждения фотолюминесценции, а также края фундаментального поглощения кристаллов, что фоточувствительность наблюдается как при переходах зона — зона, так и при ионизации дефектов и примесей, расположенных вблизи валентной зоны. Слабую ФП ВГО можно объяснить малым временем жизни носителей заряда в зоне проводимости, что согласуется с хорошими спинтилляционными свойствами материалов (постоянная времени высвечивания  $\tau = 300$  нс, 297 К).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гудаев О. А., Гусев В. А., Детиненко В. А. и др. Уровни энергии в запрещенной зоне кристаллов  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$  // Автотметрия.— 1981.— № 5.
2. Сорокин Б. П. и др. Физические свойства германозелитина  $\text{Bi}_4(\text{GeO}_4)_3$  // Новые материалы для радио-, опто- и акустоэлектроники.— Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1982.
3. Петров С. А., Четвергов Н. А., Нуриев Э. И. Некоторые особенности фотолюминесценции ортогерманата висмута // ФТТ.— 1986.— Т. 28, вып. 11.
4. Калентьев В. А. и др. Термостимулированная экзотермическая эмиссия монокристаллов германата висмута // Изв. АН СССР. Неорганич. материалы.— 1987.— Т. 23, № 3.

Поступила в редакцию 4 января 1988 г.