

36. Кузьминов Ю. С. Сегнетоэлектрические кристаллы для управления лазерным излучением.— М.: Наука, 1982.
37. Петров М. П., Степанов С. И., Хоменко А. Н. Фоточувствительные электрооптические среды в голографии и оптической обработке информации.— Л.: Наука,

УДК 535.376

Н. В. ГУСАК, Л. И. ЛИТИНСКАЯ

(Москва)

## ЭЛЕКТРОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ

В последнее время интенсивно проводятся исследования свойств халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) в связи с их широким техническим применением. Особый интерес представляют пленочные структуры ХСП, в которых возможно формирование целого ряда функциональных элементов интегральной оптики (ИО). Внешние воздействия вызывают изменения оптических, электрофизических и механических свойств ХСП, следовательно, существенно важным представляется вопрос об изучении этих изменений для обеспечения стабильности работы устройств, сформированных на базе ХСП.

Значительные изменения оптических свойств ХСП происходят при бомбардировке электронами высоких энергий. В работе [1] исследовалось изменение коэффициента оптического пропускания под воздействием быстрых электронов для массивных стекол ХСП. Авторами [2, 3] изучались электронно-стимулированные изменения спектров фотолюминесценции. Необходимо заметить, что ранее исследования проводились для массивных образцов и представленные для них результаты могут быть неприменимы для описания работы элементов устройств на основе пленочных структур.

В настоящей работе приводятся результаты исследований характера изменения оптических констант пленок ХСП бинарной системы  $As-S$  —  $S$ , подвергнутых бомбардировке быстрыми электронами. Объектом исследований служили пленочные образцы следующих составов:  $As_{30}S_{70}$ ,  $As_{40}S_{60}$ ,  $As_{44}S_{56}$ . Пленки толщиной 1 мкм приготавливали методом термического напыления в вакууме на подложки из оксидного стекла, толщину которых контролировали интерференционным методом. Часть поверхности пленки подвергали облучению излучением  $Ag$ -лазера с длиной волны  $\lambda = 0,51$  мкм. На образцы воздействовали моноэнергетическим пучком быстрых электронов от линейного ускорителя с энергией 4,5 МэВ, длительностью импульса 3 мкс, частотой следования 400 Гц. Доза облучения набиралась поэтапно. Флюенсы ( $\Phi$ ) электронов изменялись в интервале  $1 \cdot 10^{12} - 3 \cdot 10^{16}$  см<sup>-2</sup> при плотности потока  $5 \cdot 10^{11}$  см<sup>-2</sup> · с<sup>-1</sup>. При данной плотности потока существенного разогрева пленок не происходило. Исследование спектров оптического пропускания проводилось с помощью спектрально-вычислительного комплекса.

На рис. 1 приведены зависимости величин сдвигов спектров оптического пропускания для экспонированных светом и неэкспонированных участков пленок  $As_{30}S_{70}$ ,  $As_{40}S_{60}$ ,  $As_{44}S_{56}$ , а также изменения показателей преломления экспонированных участков. В результате анализа выяснилось, что наиболее значительные изменения оптических констант пленок происходят при  $\Phi$  в интервале  $1 \cdot 10^{13} - 1 \cdot 10^{14}$  см<sup>-2</sup>. Дозы,

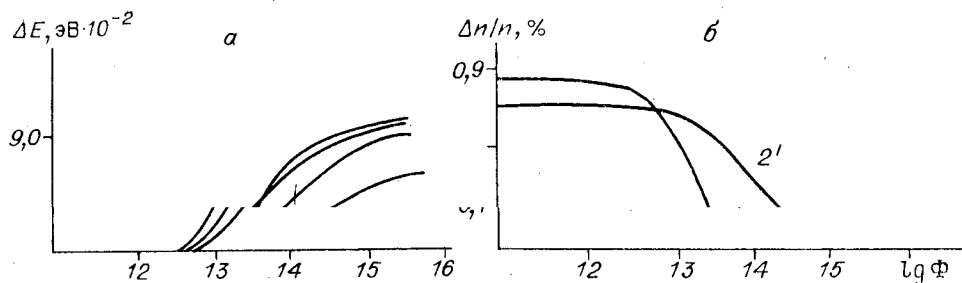


Рис. 1. Зависимость изменения оптических констант пленок  $As_{30}S_{70}$  (1),  $As_{40}S_{60}$  (2),  $As_{44}S_{56}$  (3) от дозы облучения электронами:

*a* — сдвиг спектров оптического пропускания; *b* — относительное изменение показателя преломления. Совокупности кривых 1—3 соответствуют неэкспонированным участкам пленок, кривых 1'—3' — участкам, предварительно экспонированным излучением Аг-лазера в течение 240 с

меньшие  $1 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2}$ , существенных изменений в пленках не вызывают. При  $\Phi \geq 5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$  дозовая зависимость сдвига спектров приобретает характер насыщения. Для массивных образцов  $As_{40}S_{60}$  в [1] длинноволновый сдвиг наблюдался, начиная с  $\Phi = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$  (энергия электронов составляла 2 МэВ), а его величина была  $\approx 0,2 \text{ эВ}$ . Таким образом, в силу специфики объекта исследований имеет место лишь качественное соответствие поведения массивных и пленочных образцов. Из рис. 1, *a* видно, что фото- и электронное облучения вызывают идентичный сдвиг спектров пропускания в длинноволновую область. На примере пленки  $As_{40}S_{60}$  определялись зависимости сдвига спектров пропускания от величины поглощенной энергии при облучениях пленки излучением Аг-лазера с длиной волны  $\lambda = 0,51 \text{ мкм}$  и потоками быстрых электронов. Эти зависимости представлены на рис. 2. Заметим, что до некоторого предела зависимости фото- и электронно-стимулированного сдвига подобны. Примерно одинаковая поглощенная энергия дает практически одинаковый сдвиг при обоих типах воздействия. Дозовый предел подобия соответствует  $\Phi \sim 10^{15} \text{ см}^{-2}$ . Примерное совпадение энергетических зависимостей сдвига спектров пропускания позволяет предположить подобие механизмов воздействия этих видов излучения. При больших дозах электронного облучения синхронность энергетических зависимостей нарушается. Электронно-стимулированный сдвиг приобретает характер насыщения. Для объяснения этого факта применима модель, предложенная в [4], согласно которой в объеме ХСП имеются внутренние области: пустоты и микропоры, на границах которых реализуются процессы, связанные с поверхностной рекомбинацией. В результате интенсивного радиационного облучения происходит разрастание микропор, увеличивается их поверхность и соответственно усиливается рекомбинация. Насыщение связано с тем, что генерация заряженных дефектов компенсируется их рекомбинацией.

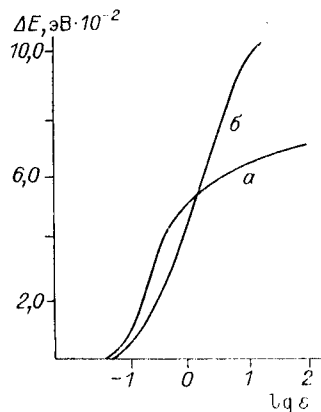


Рис. 2. Зависимость сдвига спектров пропускания от величины поглощенной энергии для пленки  $As_{40}S_{60}$ : *a* — облучение электронами, *b* — экспонирование излучением Аг-лазера

Наблюдалась также зависимость величины изменения оптических констант от состава пленок ХСП. Измерения показали, что наиболее чувствительными являются пленки составов  $As_{40}S_{60}$  и  $As_{44}S_{56}$ . Это, по-видимому, объясняется тем, что связи типа As—As создают локализованные аптисвязывающие состояния в запрещенной зоне халькогенов [5]. В ХСП с избытком мышьяка вклад таких локализованных состояний увеличивается. Это приводит к возрастанию числа актов локализации носителей при их возбуждении электронным облучением из валентной зоны, что обуславливает проявление электронно-стимулированных изменений оптических свойств в пленках с более высоким содержанием мышьяка.

В результате проведенных исследований:

обнаружен эффект подобия механизмов фото- и электронно-стимулированных воздействий;

изучены зависимости величины изменений оптических констант от дозы электронного облучения и состава образцов.

Полученные результаты позволяют прогнозировать поведение элементов ИО-схем, сформированных в пленках ХСП, в радиационных условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сарсембинов Ш. Ш., Абдулгафаров Е. Е. Электронно-стимулированное изменение оптических свойств халькогенидных стеклообразных полупроводников // Изв. АН КазССР. Сер. физ.-мат.— 1980.— № 6.
2. Гуральник Р. М., Мамонтова Т. И., Муканов Х. К., Сарсембинов Ш. Ш. Электронно-стимулированные изменения фотolumинесценции в стеклообразном  $As_2S_3$  // Автометрия.— 1987.— № 1.
3. Сарсембинов Ш. Ш., Мамонтова Т. И., Гуральник Р. М., Муканов Х. К. Электронно-стимулированные изменения спектров фотolumинесценции стеклообразных полупроводниковых систем As—S, As—Se // ФТТ.— 1984.— Т. 26, вып. 12.
4. Phillips J. C. Topological model for non-radiative carrier decay in chalcogenide alloy glasses // J. Non-Cryst. Sol.— 1980.— V. 41, N 1.— P. 179.
5. Бродски М. Аморфные полупроводники.— М.: Мир, 1982.

*Поступила в редакцию 20 ноября 1987 г.*

УДК 535.8.666.189.2.666.11 : 621.039.533

**А. Я. ВИНОКУРОВ, А. Н. ГАРКАВЕНКО, Л. И. ЛИТИНСКАЯ,  
А. В. МИРОНОС, А. М. РОДИН**

*(Москва)*

### **ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХСП-ВОЛОКОН**

В последнее время возросло количество работ, посвященных исследованию волоконных световодов среднего ИК-диапазона на основе халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП). Интерес к ним обусловлен принципиальной возможностью получения световодов с потерями  $10^{-1}$ — $10^{-2}$  дБ/км [1]. К тому же в этой области спектра имеются перспективные лазеры (СО, СО<sub>2</sub>, химические), причем плотности мощности излучения, передаваемого по ХСП-световодам, может достигать  $2 \text{ кВт/см}^2$  [2].

В связи с открывающимися перспективами использования ХСП-волокон в системах передачи и обработки информации возникает необходимость изучения их устойчивости по отношению к различного рода внешним воздействиям, в том числе ионизирующему излучению. К настоящему времени сведения о радиационной стойкости ХСП-волокон носят отрывочный характер, практически не изучалось влияние на их оп-