

методики изготовления можно формировать матрицы микролинз, плоские коллима- торы и другие оптические структуры, работающие как волноводные в плоскости под- ложки и как градиентные на «просвет», что значительно расширяет функциональные возможности интегральной оптики в системах обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин В. А., Яковенко Н. А. Электростимулированная диффузия в процессах формирования элементов и устройств интегральной оптики.— Краснодар, 1984. Деп. в ВИНТИ, № 308—84.
2. Иванов В. Н., Никитин В. А., Никитина Е. П., Яковенко Н. А. Получение полоско- вых волноводов с прогнозируемой формой сечения методом электростимулирован- ной диффузии // ЖТФ.— 1983.— Т. 54, № 10.
3. Chartier G. e. a. Graded-index surface or buried waveguides by ion exchange in glass // Appl. Opt.— 1980.— V. 19, N 7.— P. 1092—1095.
4. Oikawa M., Iga K., Sanada T. Distributed-index planar microarray prepared from deep electromigration // Electron. Lett.— 1984.— V. 17, N 13.— P. 452—453.
5. Southwell W. H. Planar optical waveguide lens design // Appl. Opt.— 1982.— V. 21, N 11.— P. 1985—1988.
6. Пат. 56-46125 (Япония). Способ изготовления оптической интегральной схемы с ис- пользованием электрического поля/К. К. Нишпон Сэруфуооку.— Оpubл. 31.10.81.

Поступило в редакцию 25 апреля 1984 г.

УДК 535.376

Р. М. ГУРАЛЬНИК, Т. Н. МАМОНТОВА, Х. К. МУКАНОВ, Ш. Ш. САРСЕМБИНОВ
(Ленинград)

ЭЛЕКТРОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В СТЕКЛООБРАЗНОМ As_2S_3

Исследование влияния электронного (β) облучения на свойства халькогенидных стеклообразных полупроводников (ХСП) актуально в связи с проблемой управления параметрами этих материалов, имеющих широкое техническое применение. Изуче- ние обнаруженных недавно электронно-стимулированных изменений физико-химиче- ских и оптических свойств ХСП позволило предположить, что в результате радиа- ционного облучения происходят структурные изменения [1, 2], природа которых еще не выяснена. Более подробную информацию может дать изучение фотолюми- несценции (ФЛ), поскольку ее метод структурно-чувствителен для ХСП [3].

В настоящей работе исследовалось влияние β -облучения на ФЛ монолитных об- разцов стеклообразного As_2S_3 , в котором наблюдались наиболее существенные элект- ронно-стимулированные изменения оптических свойств [2]. Энергия пучка электро- нов при β -облучении с помощью линейного ускорителя ЛУ-10 составляла 2 МэВ. До- за облучения варьировалась в пределах $1—5 \cdot 10^{17}$ см⁻². Облучение проводилось при $T = 300$ К. Исследовались спектры возбуждения ФЛ и релаксация интенсивности $I_{ФЛ}$ в процессе фотовозбуждения — «усталость» образцов, подвергнутых β -облучению с различными дозами. Измерения ФЛ до и после β -облучения образцов осуществля- лись при $T = 4,2$ К в интервале энергий возбуждающих квантов 2,0—2,5 эВ. В ре- зультате измерений установлены значительные изменения исследуемых люминесцент- ных характеристик в зависимости от дозы β -облучения (D). Увеличение D , как вид- но из рис. 1 (кривые a), сопровождается смещением максимума E_x спектра возбуж- дения ФЛ в область меньших энергий, уменьшением наклона низкоэнергетического участка спектра к оси $\hbar\omega$, и возрастанием интенсивности в низкоэнергетическом «хвосте» спектра $\hbar\omega \leq 2,15$ эВ. Полученные данные согласуются с результатами работы [1], где отмечался длинноволновый сдвиг спектра оптического пропускания β -облученного стекла As_2S_3 с ростом D . Так как низкоэнергетическая часть спектра возбуждения ФЛ связана с поглощением возбуждающего света, то, очевидно, допол- нительные локализованные состояния в запрещенной зоне ХСП, возникшие при ра- диационном облучении, способны участвовать в процессах поглощения и рассеяния фотонов и вызывать спектральные изменения оптического пропускания и возбужде- ния ФЛ. По-видимому, эти локализованные состояния являются состояниями флук- туационного типа и могут быть обусловлены существованием в сетке стекла областей, где осуществляются главным образом связи S—S. В таком случае возрастание интен- сивности ФЛ в области спектра возбуждения, связанной с поглощением, позволяет предполагать, что в результате действия электронного облучения увеличивается кон-

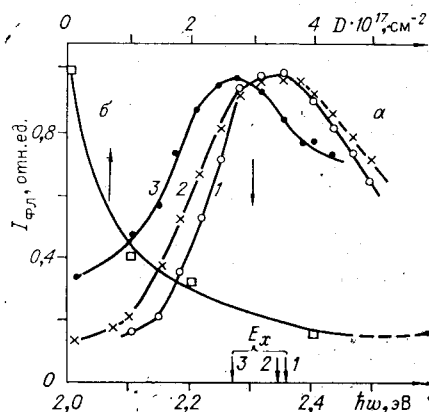


Рис. 1. Спектры возбуждения ФЛ стеклообразного As_2S_3 при $T = 4,2 \text{ K}$ (а): 1 — до облучения; 2 — после облучения, $D = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$; 3 — нормированные по интенсивности на собственные максимумы, $D = 4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$; зависимость интенсивности ФЛ в стеклообразном As_2S_3 от дозы радиации электронами с энергией 2 МэВ (б). Энергия возбуждающего света взята в максимуме спектра возбуждения ФЛ (E_x) для каждого образца

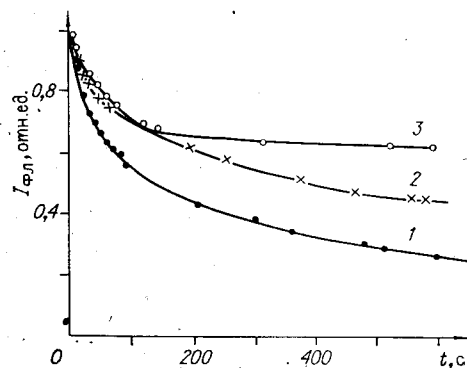


Рис. 2. Кинетика эффекта «усталости» люминесценции в стеклообразном As_2S_3 при различных дозах β -облучения:

1 — до облучения; 2 — $D = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$; 3 — $D = 4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Возбуждение осуществлялось фотонами с $\hbar\omega = E_{x_i}$ ($i=1,2,3$)

центрация дефектов, вызываемых обогащенными халькогеном областями, например C_3^+ , C_1^- , и их близких валентно-переменных пар.

С увеличением дозы β -облучения стеклообразного As_2S_3 наблюдается гашение ФЛ, которое имеет предел при $D = 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ (см. рис. 1, кривая б). Для интерпретации этого факта применима модель, предложенная в [4], согласно которой в объеме ХСП имеются внутренние области (пустоты, поры), на границах которых реализуются безызлучательные процессы, вызванные поверхностной рекомбинацией. Тогда при облучении быстрыми электронами может возникнуть разрастание пор, т. е. увеличение внутренней поверхности и соответственно безызлучательного канала рекомбинации неравновесных носителей заряда. Аналогичные результаты получены нами при исследовании β -облученных стеклообразных полупроводников системы As — Se [5].

В настоящей работе обнаружено также электронно-стимулированное изменение кинетики «усталости» люминесценции (рис. 2): в β -облученных образцах интенсивность ФЛ достигала своего квазистационарного значения за меньший интервал времени для $D = 4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ $t \sim 150 \text{ с}$, тогда как для необлученного образца $t \sim 10^3 \text{ с}$. Можно предположить, что электронная бомбардировка благоприятствует возникновению в разупорядоченной структуре As_2S_3 поликристаллических фрагментов (подтверждением служит факт увеличения микротвердости β -облученных образцов) [1]. Вследствие частичной кристаллизации, при которой происходит увеличение жесткости структурной сетки стекла, уменьшается скорость генерации метастабильных безызлучательных центров (например, спаренных дефектов типа $\langle C_3^0, C_1^0 \rangle$), обуславливающих эффект «усталости» люминесценции в аморфных полупроводниках [6], и характер спада интенсивности становится менее выраженным.

Полученные результаты свидетельствуют об информативности метода ФЛ для обнаружения как электронно-стимулированных, так, по-видимому, и других радиационных изменений структуры ХСП. Необходимо дальнейшее изучение фотолуминесценции электронно-облученных ХСП в сочетании с электронно-микроскопическим, рентгеноструктурным и другими видами анализа структуры рассматриваемых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуральник Р. М., Лантратова С. С., Любин В. М., Сарсембинов Ш. Ш. Электронно-стимулированные реверсивные изменения оптических свойств и микротвердости стеклообразного As_2S_3 // ФТТ. — 1982. — Т. 24, вып. 5.
2. Сарсембинов Ш. Ш., Гуральник Р. М., Максимова С. Я., Федоренко Т. А. Влияние электронного облучения и материала электродов на свойства ХСП // Аморфные полупроводники-82. — Бухарест, 1982.
3. Коломиец Б. Т., Мамонтова Т. Н., Муканов Х. К. Фотолуминесценция стеклообразного диселенида германия, подвергнутого термическому отжигу // ФТТ. — 1981. — Т. 15, вып. 6.
4. Phillips J. C. Topological model for non-radiative carrier decay in chalcogenide alloy glasses // J. of Non-Cryst. Sol. — 1980. — V. 41, N 1. — P. 179—187.

5. Сарсембинов Ш. Ш., Мамонтова Т. Н., Гуральник Р. М., Муканов Х. К. Электронно-стимулированные изменения спектров фотолюминесценции стеклообразных полупроводников систем As — S и As — Se // ФТТ.— 1984.—Т. 26, вып. 12.
6. Adler D. Fundamental physics problem of amorphous semiconductors // Proc. Kyoto Summer Inst./F. Yonezawa. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

Поступило в редакцию 13 декабря 1985 г.

УДК 535.241.13 : 534

В. М. МАСТИХИН, Ю. Е. НЕВСКИЙ, Д. В. ШЕЛОПУТ
(Новосибирск)

ШИРОКОПОЛОСНАЯ АКУСТООПТИЧЕСКАЯ ЯЧЕЙКА СПЕКТРОАНАЛИЗАТОРА

Важная характеристика акустооптических систем спектрального анализа — работа в реальном масштабе времени [1]. Пространственное разрешение в плоскости преобразования Фурье соответствует частотному разрешению $\delta f = 1/\tau$, где τ — апертурное время акустооптической ячейки, равное L/V , L — линейный размер апертуры, V — скорость ультразвука.

При больших значениях несущих частот входных сигналов (более 100 МГц), как правило, реализуется брэгговская дифракция, которая по сравнению с дифракцией Рамана — Ната позволяет расширить полосу рабочих частот и получить более высокую эффективность преобразования. Эффективность возрастает с увеличением длины взаимодействия оптической и акустической волн l . Однако принципиальное ограничение на максимальную величину l вызывает необходимость работы с широкополосными сигналами при фиксированном угле падения считывающего пучка, а именно $l \leq V^2/\lambda f_0 \Delta f$, где f_0 и Δf — значения несущей частоты и полосы частот; λ — длина волны света. Полосу рабочих частот можно существенно расширить, если осуществить режим автоподстройки угла Брэгга. Для этого фронт звуковой волны с изменением частоты должен менять свою ориентацию относительно светового луча по заданному закону. Такую автоподстройку получают с помощью фазированной решетки излучателей звука. Этот способ возбуждения ультразвука позволяет в несколько раз увеличить полосу рабочих частот при сохранении достаточной дифракционной эффективности. Условие частичной автоподстройки можно выполнить при возбуждении пьезопластины замедляющими системами [2].

Нами использованы замедляющие системы двух типов: спираль и планарная. Эти системы работают по принципу фильтра нижних частот с LC-звеньями. Режим автоподстройки осуществляется в том случае, если шаг замедляющей системы удовлетворяет условию

$$P \approx \frac{2V^2 n_0}{f_0^2 \lambda_0}$$

где V — скорость звука; n_0 — показатель преломления; f_0 — центральная частота.

Методы расчета замедляющих систем обоих типов идентичны. Параметры акустооптических устройств, в которых для возбуждения ультразвука используются замедляющие системы указанных типов, также идентичны. В то же время планарная система имеет неоспоримое преимущество в технологичности и воспроизводимости.

Схема акустооптической ячейки с возбуждением звука с применением замедляющей системы в планарном исполнении приведена на рис. 1. К кристаллу КРС-5 1 металлической (In) связкой 2 приварен пьезопреобразователь 3 из LiIO_3 z-среза. Электрическим контактом является только центральный участок связки, задающий поперечный размер апертуры светового пучка. Продольные акустические волны распространяются в кристалле в направлении [111], поляризация света имеет то же направление. Планарная замедляющая система выполнена методом фотолитографии пленки Al 5 на стеклянной подложке 4.

Для центральной частоты 200 МГц толщина пластины LiIO_3 составляла около 10 мкм. Геометрия замедляющей системы выбрана так, чтобы в полосе частот ~ 200 МГц активная составляющая входного сопротивления равнялась 50 Ом. Период замедляющей системы $D = 1,66$ мм, ширина металлической полосы $d = 0,4$ мм, длина полосы $H = 20$ мм. Ширина электрода связки в направлении, перпендикулярном направлению света, равна 1 мм. Второй размер апертуры светового пучка определяется длиной кристалла, в нашем случае равной 20 мм. Этот размер определяет быстродействие ячейки τ , равное примерно 10 мкс. На рис. 2 приведены амплитудно-частотная характеристика 1 и зависимость дифракционной эффективности 2 от