

**ІНСТИТУТ ФІЗИЧНОЇ ОПТИКИ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ**

Балицька Валентина Олексіївна

УДК 621.315.592:539.213

**ЯВИЩЕ ЕЛЕКТРОННО-ІНДУКОВАНОГО ДИХРОЇЗМУ
В СКЛОПОДІБНИХ ХАЛЬКОГЕНЦДАХ МИШ'ЯКУ**

01.04.05 - Оптика, лазерна фізика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Львів-1997

535
535.37



00376229 (Т)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Львівському науково-виробничого підприємства "Карат" Міністерства промислової політики України

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук

Шпотюк Олег Йосипович

заст. ген. директора НВП "Карат"

Офіційні опоненти:

доктор фізико-математичних наук,

професор Кикинеші Олександр Олександрович,

Ужгородський державний університет,

завідувач кафедри твердотільної електроніки

доктор фізико-математичних наук,

професор Носенко Анатолій Єрофійович,

Львівський державний університет ім. Ів. Франка,

професор кафедри напівпровідників

Провідна організація:

Інститут фізики НАН України, м. Київ

Захист відбудеться "27" січня 1998 р. о 15³⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.071.01 при Інституті фізичної оптики за адресою: 290005 м. Львів, вул. Драгоманова, 23.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту фізичної оптики за адресою: 290005 м. Львів, вул. Драгоманова, 23.

Автореферат розісланий "19" грудня 1997 року.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради,

доктор фізико-математичних наук

Болеста І.М.

Актуальність теми. Халькогенідні склоподібні напівпровідники (ХСН), відкриті Коломійцем Б.Т. та Горюною Н.А. ще в середині 50-х років, і надалі залишаються в центрі уваги спеціалістів по неупорядкованому твердому стану речовини, головним чином, завдяки комплексові властивих їм унікальних фізичних ефектів. До числа таких належать, зокрема, відомі фотоіндуковані зміни оптичних властивостей, покладені в основу використання цих матеріалів у техніці оптичного запису інформації. Цій проблемі присвячено багато наукових публікацій як у вітчизняній, так і в зарубіжній періодиці. Достатньо назвати імена таких дослідників як Любін В.М., Шварц К.К., Костишин М.Т., Фрумар М., Ватєва О., Кикинеші О.О., Танака К., Адріансенс Г., Нагельс П., Елліотт С., наукові школи яких і сьогодні активно та плідно функціонують в даній області.

Незважаючи на те, що механізм реверсивних фотоіндукованих ефектів (ФІЕ) глибоко не розкритий, а запропоновані моделі відображають, як правило, лише окремі аспекти цього багатогранного явища, незаперечним є факт, що його походження, як і ряд інших індукованих ефектів, слід шукати у високому ступені структурної гнучкості ХСН за рахунок присутності двократно координованих атомів халькогену [1-2]. Ір-характер побудови вершини валентної зони в сукупності із властивою цим матеріалам сильною електрон-фононною взаємодією теж сприяють тому, що електронні збудження, як правило, не є просторово локалізованими, а ефективно передаються в атомну підсистему, де фіксуються у вигляді нового метастабільного стану.

Не менше важливою й актуальною виявилася також проблема радіаційно-індукованих явищ, які спостерігаються після тривалого опромінення ХСН високоенергетичним ($E > 1$ МеВ) іонізуючим випромінюванням - гама-квантами ізотопу ^{60}Co , прискореними електронами, нейтронами. Їх закономірності значною мірою аналогічні до закономірностей фотоіндукованих ефектів, що пояснюється спільністю мікроструктурного механізму відповідних

деструкційно-полімеризаційних перетворень, або так званих процесів координаційного дефектоутворення [3].

Вищезазначені фото- та радіаційно-індуковані ефекти належать до числа скалярних, оскільки вони виявляються у зміні оптичних властивостей ХСН, незалежно від поляризації зондуючого світлового випромінювання. Але з робіт Жданова В.Г. і Маліновського В.К. кінця 70-х років [4] відомо, що під дією лінійно-поляризованого світла в ХСН виникає фотоіндукована анізотропія у формі лінійного дихроїзму та двозаломлення. Цей ефект детально досліджувався наприкінці 80-х і на початку 90-років Любіним В.М. та Тихомировим В.К. [5], хоча його природа все ще залишається дискусійною.

Враховуючи схожість фізичних закономірностей скалярних фото- та радіаційно-індукованих явищ у ХСН, можна висловити припущення про існування відповідного радіаційного аналога векторних ФЕ. У праці [6] вперше були сформульовані передумови постановки і реалізації такого експерименту, а також показано, що в монолітних зразках склоподібного As_2S_3 за чітко витриманих умов опромінення явище електронно-індукованого дихроїзму (ЕІД) справді спостерігається.

Метою цієї роботи було встановити фізичні закономірності та мікроструктурний механізм ЕІД в ХСН на основі As_2S_3 .

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити ініці, більш часткові завдання, а саме:

- дослідити спектральні характеристики ЕІД у халькогенідних стеклах псевдобінарної системи $As_2S_3-Sb_2S_3$, встановити відповідні для них фізичні особливості; проаналізувати можливість використання даних ефектів для дозиметрії високоенергетичних електронних потоків;
- визначити та описати вплив на ЕІД ізотермічних відпалів опромінених зразків, тривалості їх зберігання при кімнатній температурі (часові стабільності), а також флюенсу високоенергетичного ($E > 1$ MeV) електронного опромінення;

- використовуючи техніку ГЧ Фур'є-спектроскопії наведеного оптичного відбивання, вивчити природу явища ЕІД та представити модель відповідних структурних перетворень.

Наукова новизна роботи полягає у тому, що в ній вперше проведено комплексне експериментальне дослідження фізичних закономірностей та мікроструктурного механізму явища ЕІД у ХСН на основі As_2S_3 , зокрема:

1. Досліджено та встановлено особливості спектральних характеристик ЕІД халькогенідних стекел псевдобінарної системи $As_2S_3-Sb_2S_3$.
2. Вперше визначено та описано вплив на ЕІД ізотермічних відпалів, тривалості зберігання зразків після електронного опромінення, а також флюенсу прискорених електронів.
3. Встановлено, що екстраполяції довгохвильових квазілінійних "хвостів" сімейства спектральних характеристик ЕІД склоподібного As_2S_3 у вигляді $\kappa(h\nu) = \Delta\alpha \cdot d$ ($\Delta\alpha = \alpha_{\parallel} - \alpha_{\perp}$ є різницею коефіцієнтів поглинання світла із взаємно-ортогональними поляризаціями відносно потоку електронів), отриманих після термовідпалів при різних температурах $T < 423$ К, у різні моменти часу після опромінення $\Delta t < 15-16$ діб або при різних флюенсах електронів $\Phi > 10^{15}$ см⁻², характеризуються єдиною фокальною точкою F із абсцисою, залежною від ширини забороненої зони матеріалу.
4. Показано, що, металізація хімічних зв'язків ХСН на основі As_2S_3 за рахунок введення компонентів елементів-аналогів миш'яку (Sb) у межах псевдобінарного розрізу $As_2S_3-Sb_2S_3$ послаблює явище ЕІД.
5. Вперше встановлено, що в результаті електронного опромінення склоподібного As_2S_3 в умовах, що викликають явище ЕІД, створюються два типи дефектних центрів з принципово різною чутливістю до температури наступного ізотермічного відпалу:

- при температурах, нижчих порогу термостирання скалярних радіаційно-стимульованих ефектів у склоподібному As_2S_3 (390-395 К), анігілюючими дефектами є пари недокоординованих атомів - гетероатомних (As_2^+ , S_1^-), а також гомоатомних (As_2^- , As_2^+) (S_1^- , S_1^+), які і є відповідальними за явище

ЕІД, причому домінуючим типом недокоординованих дефектних пар є пари (As_2^+ , S_1^-), які створюються при деструкції ($As-S$) зв'язків (у позначенні дефектів верхній символ означає зарядовий стан, а нижній - число найближчих сусідів даного атома);

- при температурах, вищих порогу термостирання скалярних радіаційно-стимульованих ефектів у склоподібному As_2S_3 (390-395 K), окрім названих вище процесів анігіляції недокоординованих дефектних пар, суттєвими стають процеси анігіляції координаційних дефектів у формі пар протилежно заряджених атомів з аномальною недо- і надкоординацією.

Практичне значення отриманих результатів визначається можливістю використовувати халькогенідні стекла на основі As_2S_3 для дозиметрії високоенергетичних електронних потоків. Функціонування таких дозиметричних систем ґрунтується на монотонності дозових характеристик ЕІД. У порівнянні з відомими аналогами на основі оксидних стекел запропоновані дозиметри відзначаються високим рівнем флюоенсів електронного опромінення, які можуть бути зареєстровані за їх допомогою ($5 \cdot 10^{15} - 10^{17} \text{ см}^{-2}$).

Отримані експериментальні результати використовувалися для визначення радіаційної стійкості ХСН, а також пристроїв на їх основі (у виконанні госпдоговірної роботи НДР-92206 "Дослідження радіаційної стійкості матеріалів та виробів електронної техніки спеціального призначення"; номер держреєстрації 0197 VO 15336).

На захист виносяться наступні наукові положення:

1. Явище ЕІД проявляється в області урбахівського краю фундаментального поглинання монолітних зразків ХСН, описується різницею коефіцієнтів поглинання зондуючих світлових променів із взаємно-ортогональними площинами поляризації (по відношенню до напрямку електронного потоку) і може бути представлене при збільшенні енергії фотонів наростаючою довгохвильовою квазілінійною ділянкою з крутизною нахилу до 1 eV^{-1} з наступною більш крутою ділянкою короткохвильового краю.

2. Спектральні залежності ЕІД склоподібного As_2S_3 визначаються флюенсом електронного опромінення, часом витримки зразків після радіаційної обробки, а також температурою післярадіаційного відпалу, причому сімейство відповідних характеристик $\kappa(h\nu)$ у довгохвильовій області описується єдиною фокальною точкою F , залежною від типу матеріалу.
3. Введення в склоподібний As_2S_3 елементів-аналогів миш'яку, зокрема, сурми в межах псевдобінарного розрізу $As_2S_3-Sb_2S_3$, послаблює ефект ЕІД з одночасним довгохвильовим зміщенням його спектральних характеристик за рахунок металізації хімічних зв'язків матриці.
4. Мікроструктурний механізм явища ЕІД у досліджуваних ХСН пов'язаний із утворенням у їх структурному каркасі координаційних дефектних центрів типу орієнтованих пар (диполів) недокоординованих атомів з протилежним електричним зарядом за рахунок розриву ковалентних хімічних зв'язків, причому ініціюючим процесом дефектоутворення є зміщення атомів по надпороговому механізму у напрямку поширення електронного потоку.
5. Скалярні електронно-індуковані оптичні ефекти в склоподібному As_2S_3 проявляються як довгохвильовий зсув краю оптичного пропускання, незалежно від поляризації зондуючого світлового випромінювання, і зумовлені, як і у випадку гама-опромінення, процесами перемикання хімічних зв'язків з одночасним утворенням пар над-недокоординованих атомів без переважної орієнтації.

Апробація роботи. Основні результати дисертації доповідалися і обговорювалися на наукових конференціях, зокрема: International School-Conference on Physical Problems in Material Science of Semiconductors" (Chernivtsi, 1995), XVII International Congress on Glass (China, Beijing, 1995), VIII International Conference "Radiation Effects in Insulators" (Catania, Italy, 1995), NATO Advanced Study Institute "Amorphous Insulators and Semiconductors" (Sozopol, Bulgaria, 1996), Ninth International Conference on Rapidly Quenched and Metastable Materials" (Bratislava, 1996), International Conference "Advanced Optical Materials and Devices" (Riga, Latvia, 1996), NATO Advanced Research

Workshop "Physics and Applications of Non-Crystalline Semiconductors in Optoelectronics" (Chisinau, Moldova, 1996), International Conference on Luminescence and Optical Spectroscopy of Condensed Matter (Prague, 1996), 17th International Conference on Amorphous and Microcrystalline Semiconductors" (Budapest, Hungary, 1997), 11th European Conference on Solid State Transducers "EUROSENSORS'XI" (Warsaw, Poland, 1997), 5th International Conference on Optics "ROMOPTO'97" (Bucharest, 1997).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 16 наукових робіт, серед яких 5 статей у реферованій науковій періодиці. Список основних публікацій приведено в кінці автореферату.

Особистий внесок здобувача. У процесі виконання цієї дисертаційної роботи здобувач сформулював основні завдання досліджень, безпосередньо виконав комплекс вимірювань спектральних залежностей явища ЕІД, провів дослідження його мікроструктурного механізму, узагальнив отримані експериментальні дані та представив відповідні інтерпретації результатів досліджень.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається зі вступу, двох розділів, присвячених літературному аналізу та постановці проблеми досліджень, методологічного розділу, двох розділів із викладом оригінальних експериментальних даних і списку використаних джерел. Налічує 148 сторінок машинописного тексту, 40 рисунків, 8 таблиць та 185 бібліографічних назв.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи та завдання дослідження, наведено основні положення, які виносяться на захист, визначено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У першому розділі дисертації на основі літературних даних проаналізовано сучасний рівень уявлень про структуру аморфних халькогенідних матеріалів, дана коротка характеристика енергетичної зонної

структури та узагальнені закономірності фотоіндукованих ефектів у цих матеріалах, особлива увага зосереджена на огляді векторних ФЕ у ХСН. Показано, що механізм цих ефектів вивчений недостатньо (порівняно зі скалярними ФЕ) і зроблено припущення, що векторні ефекти слід пов'язувати із фотоіндукованою орієнтацією структурно-анізотропних комплексів ХСН.

У другому розділі описано особливості взаємодії високоенергетичного електронного випромінювання з твердими тілами, зокрема з ХСН, та проведено розрахунок концентрації зміщених атомів, що виникають в склоподібному трисульфіді миш'яку під дією високоенергетичного електронного опромінення з енергією 2,8 МеВ.

На основі літературних даних розглянуто закономірності скалярних електронно-індукованих ефектів у ХСН та моделі механізмів, які пропонуються для їх пояснення.

У розділі 3 сформульовані головні передумови для спостереження векторних радіаційно-індукованих ефектів, описано специфіку підготовки зразків ХСН на основі сульфіді миш'яку, показано "геометрію" спостереження ЕІД (рис.1). Описано методику дослідження механізму ЕІД із використанням техніки довгохвильової ІЧ Фур'є-спектроскопії наведеного оптичного поглинання.

Розділ 4 присвячений дослідженню фізичних закономірностей ЕІД.

Даний ефект, тобто різниця коефіцієнтів поглинання світла із взаємно-ортогональними поляризаціями (по відношенню до напрямку збуджуючого потоку високоенергетичних прискорених електронів), спостерігається в монолітних кубічних зразках ХСН в області урбахівського краю фундаментального поглинання ($\alpha < 10^3 \text{ см}^{-1}$).

Отримано спектральні характеристики ЕІД у вигляді залежності різниці коефіцієнтів пропускання світла із взаємно-ортогональними площинами поляризації $\Delta\tau = \tau_{\perp} - \tau_{\parallel} = f(h\nu)$ і параметра $\kappa = \Delta\alpha \cdot d = (\alpha_{\parallel} - \alpha_{\perp}) \cdot d = \varphi(h\nu)$ (рис.2). ЕІД загасає при термовідпалі опромінених стекл до температур на 20-30 К нижчих початку діапазону їх розм'ягшення T_g та в процесі тривалої витримки (15-16 діб)

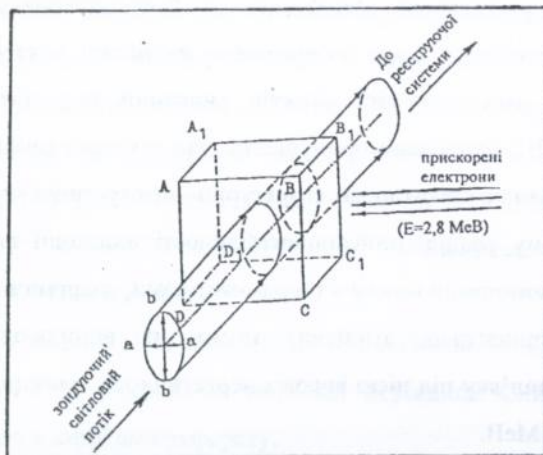


Рис. 1. Схема спостереження явища ЕІД в ХСН

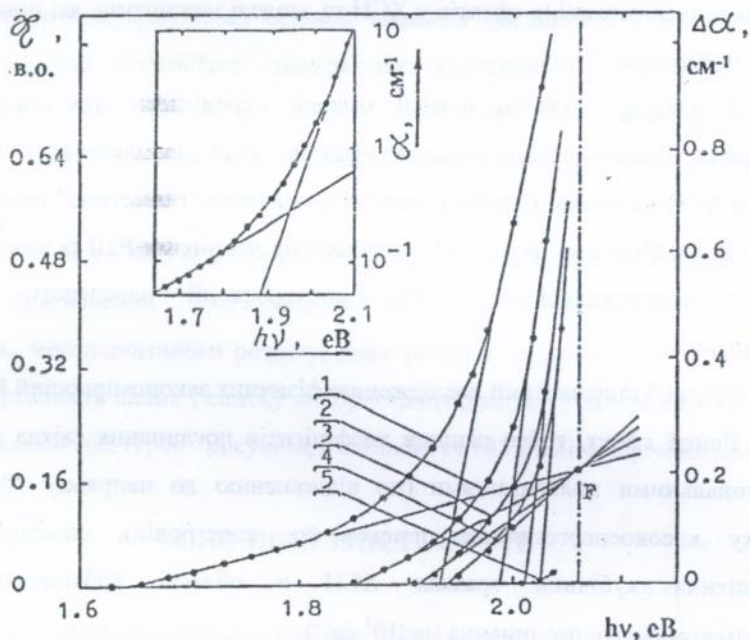


Рис. 2. Спектральні характеристики ЕІД склоподібного As_2S_3 після електронного опромінення флюенсом $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ (крива 1) та наступних термовідпалів при 343 (крива 2), 373 (крива 3), 398 (крива 4) і 423 К (крива 5). (Вставка: Спектральна характеристика коефіцієнта поглинання неопроміненого As_2S_3).

після високоенергетичного електронного опромінення.

Екстраполяції довгохвильових квазілінійних “хвостів” сімейства спектральних характеристик ЕІД склоподібного As_2S_3 у формі $\kappa(h\nu)$, отриманих після термовідпалів при різних температурах, у різні моменти часу після опромінення або при різних флюенсах електронів, характеризуються єдиною фокальною точкою F з абсцисою, залежною від ширини забороненої зони матеріалу.

Введення у склоподібний As_2S_3 елементів-аналогів миш'яку (Sb) у межах псевдобінарного розрізу $As_2S_3-Sb_2S_3$ послаблює дихроїзм. Фізичні закономірності впливу термовідпалу, флюенсу прискорених електронів та часової стабільності ЕІД у халькогенідних стеклах цієї псевдобінарної системи в межах до 30 моль % Sb_2S_3 - аналогічні.

Використовуючи експериментально встановлену залежність ЕІД від флюенсу електронного потоку $\Phi > 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ($E=2,8 \text{ MeV}$), проаналізовано можливість використовувати монолітні зразки ХСН на основі As_2S_3 у якості чутливих елементів твердотільних дозиметричних систем промислового призначення.

У розділі 5 викладені результати дослідження мікроструктурного механізму ЕІД у склоподібному трисульфіді миш'яку.

ІЧ Фур'є-спектроскопічні дослідження спектрів відбивання склоподібного As_2S_3 у діапазоні $500-100 \text{ см}^{-1}$ після електронного опромінення ($E=2,8 \text{ MeV}$) флюенсом $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ свідчать про суттєві реологічні пошкодження грані куба, перпендикулярної до потоку прискорених електронів, і окислення інших граней.

У результаті електронного опромінення склоподібного As_2S_3 в умовах, що викликають явище ЕІД, створюються два типи дефектних центрів з принципово різною чутливістю до температури наступного ізотермічного відпалу. Обидва типи дефектів анігілюють з підвищенням температури до 423 K .

При температурах, нижчих порогу термостирання скалярних радіаційно-стимульованих ефектів у склоподібному As_2S_3 ($390-395 \text{ K}$), анігілюючими

дефектами є пари недокоординованих атомів з протилежно зарядженими електричними зарядами, створені шляхом електронно-стимульованого розриву ковалентних хімічних зв'язків. Процесу їх анігіляції відповідає значне збільшення в спектрах термонаведеного відбивання електронно-опроміненого склоподібного As_2S_3 інтенсивності коливних смуг власних структурних комплексів на основі гетерополярних As-S та гомополярних As-As і S-S хімічних зв'язків. Домінуючим типом недокоординованих дефектних пар є (As_2^+, S_1^-) , створені при деструкції гетерополярних (As-S) зв'язків.

При температурах, вищих порогу термостирання скалярних радіаційно-стимульованих ефектів у склоподібному As_2S_3 (390-395 K), окрім названих вище процесів анігіляції недокоординованих дефектних пар, суттєвими стають процеси анігіляції координаційних дефектів у формі пар протилежно заряджених атомів з аномальною недо- і надкоординацією, зокрема дефектів (As_4^+, S_1^-) . Їх анігіляції відповідає збільшення у спектрах термонаведеного відбивання електронно-опроміненого As_2S_3 інтенсивності смуг 324, 308, 301 і 288 cm^{-1} і одночасне зменшення інтенсивності смуг 377, 230, 165 і 140 cm^{-1} , що відповідають гомополярним зв'язкам As-As і S-S. Загальна схема цього процесу може бути описана реакціями переключення хімічних зв'язків типу:



При температурах вищих 400 K, домінуючим типом термоанігілюючих недокоординованих дефектних пар є (S_1^-, S_1^+) , про що свідчить переважання у спектрах наведеного відбивання смуг 243 і 188 cm^{-1} , відповідальних за колювання структурних комплексів на основі S-S зв'язків.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Явище ЕІД, тобто різниця коефіцієнтів поглинання зондуючого світлового пучка із взаємно-ортогональними поляризаціями (по відношенню до напрямку збуджуючого потоку високоенергетичних прискорених електронів з флюенсом

$\Phi > 10^{15} \text{ см}^{-2}$), спостерігається у монолітних кубічних зразках ХСН на основі As_2S_3 в області урбахівського краю фундаментального поглинання ($\alpha < 10^3 \text{ см}^{-1}$).

2. Спектральні характеристики ЕІД можуть бути представлені:

- у формі залежності різниці коефіцієнтів пропускання світла із взаємно-ортогональними площинами поляризації - $\Delta\tau = \tau_{\perp} - \tau_{\parallel} = f(h\nu)$ - як асиметрична крива з яскраво вираженим максимумом при $h\nu_{\text{max}}$ і двома спадаючими крилами: різким короткохвильовим і більш пологим довгохвильовим;

- у формі залежності параметра $\kappa = \Delta\alpha \cdot d = (\alpha_{\parallel} - \alpha_{\perp}) \cdot d = f(h\nu)$ для світла із взаємно-ортогональними площинами поляризації як монотонно наростаюча, по мірі збільшення енергії фотонів $h\nu$, крива із квазілінійним довгохвильовим "хвостом" при сталій крутизні нахилу $\eta < 1 \text{ eV}^{-1}$ і короткохвильовим наростаючим краєм із змінною крутизною нахилу δ порядку кількох eV^{-1} .

3. Ефект ЕІД загасає при термовідпалі опромінених стекел до температур на 20-30 К нижчих початку діапазону їх розм'ягшення та в процесі тривалої витримки (15-16 діб) зразків ХСН після високоенергетичного електронного опромінення.

4. Екстраполяції довгохвильових квазілінійних "хвостів" сімейства спектральних характеристик ЕІД ХСН у вигляді $\kappa(h\nu)$, отриманих після термовідпалів при різних температурах $T < 423 \text{ К}$, у різні моменти часу після опромінення $\Delta t < 15-16$ діб або при різних флюенсах електронів $\Phi > 10^{15} \text{ см}^{-2}$, характеризуються єдиною фокальною точкою F з абсцисою, залежною від ширини забороненої зони матеріалу.

5. Залежність ефекту ЕІД від флюенсу електронів з енергією $E = 2,8 \text{ MeV}$ (дозова залежність) досліджуваних зразків ХСН на основі As_2S_3 може бути представлена квазілінійною ділянкою зміни κ в області $5 \cdot 10^{15} < \Phi < 10^{17} \text{ см}^{-2}$, що дає змогу використовувати ці матеріали як чутливі елементи твердотільних дозиметричних систем, і наступною більш пологою ділянкою поступового насичення κ в області $\Phi > 10^{17} \text{ см}^{-2}$. При флюенсах $\Phi < 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ЕІД відсутній.

6. Ефективність ЕІД, у кінцевому випадку, визначається хімічним складом зразків ХСН. Металізація хімічних зв'язків ХСН на основі As_2S_3 завдяки

введенню елементів-аналогів миш'яку (Sb) у межах псевдобінарного розрізу $As_2S_3-Sb_2S_3$ послаблює дихроїзм. Ефекти композиційного впливу на ЕІД більш істотно виражені при малих концентраціях "металізуючих" домішок.

7. Фізичні закономірності впливу термовідпалу, флюенсу прискорених електронів та часової стабільності ЕІД аналогічні у халькогенідних стеклах псевдобінарної системи $(As_2S_3)_x(Sb_2S_3)_{1-x}$ у межах зміни x від 0,7 до 1,0.

8. ІЧ Фур'є-спектроскопічні дослідження спектрів відбивання склоподібного As_2S_3 у діапазоні $500-100\text{ см}^{-1}$ після електронного опромінення ($E=2,8\text{ MeV}$) флюенсом $5 \cdot 10^{16}\text{ см}^{-2}$ свідчать про суттєві реологічні пошкодження грані куба, перпендикулярної до потоку прискорених електронів, і окислення інших граней. Перший процес проявляється в зменшенні на 5-7% фонового значення оптичного відбивання у всьому досліджуваному діапазоні, а другий - у збільшенні інтенсивності смуги 420 см^{-1} , відповідальної за коливання структурних комплексів As-O.

9. У результаті електронного опромінення склоподібного As_2S_3 в умовах, що викликають явище ЕІД, створюється два типи дефектів з різною чутливістю до температури наступного ізотермічного відпалу. Вони анігілюють з підвищенням температури до 423 К.

10. При температурах, нижчих порогу термостирання скалярних радіаційно-стимульованих ефектів у склоподібному As_2S_3 (390-395 К), анігілюючими дефектами є пари недокоординованих атомів з протилежно зарядженими електричними зарядами, створені шляхом електронно-стимульованого розриву ковалентних хімічних зв'язків - (As_2^+, S_1^-) , (As_2^+, As_2^-) та (S_1^+, S_1^-) . Розрахована за моделлю Кінчіна-Піза концентрація цих дефектів співпадає з концентрацією, оціненою на основі експериментальних ІЧ спектрів.

11. При температурах, вищих порогу термостирання скалярних радіаційно-стимульованих ефектів у склоподібному As_2S_3 (390-395 К), окрім процесів анігіляції недокоординованих дефектних пар, суттєвими стають процеси анігіляції координаційних дефектів у формі пар протилежно заряджених атомів з аномальною недо- і надкоординацією.

Список цитованої літератури:

1. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела. Пер. с нем. - М.: Мир, 1986. - 558 с.
2. Аморфные полупроводники / Под ред. М. Бродски: Пер. с англ. - М: Мир, 1982. - 420 с.
3. Shpotyuk O.I. Photostructural transformations in amorphous chalcogenide semiconductors // Phys. Stat. Sol. B. - 1994. - Vol. 183, №2. - P. 365-374.
4. Жданов В.Г., Малиновский В.К. Фотоиндуцированное двулучепреломление и дихроизм в пленках As_2S_3 // Письма в ЖТФ. - 1977. - Т. 3, №18. - С. 943-945.
5. Любин В.М., Тихомиров В.К. Фотоиндуцированный дихроизм в пленках халькогенидных стеклообразных полупроводников // ФТГ - 1991. - Т. 32, №6. - С. 1838-1844.
6. Шпотюк О.Й. Лінійний електронно-індукований дихроїзм у склоподібному трисульфіді миш'яку // Укр. фіз. журн. - 1993. - Т. 3, №10. - С. 1484-1486.

Основні матеріали дисертації опубліковані в роботах:

1. Шпотюк О.И., Балицкая В.А. Электронно-индуцированный дихроизм в стеклообразном As_2S_3 // Журн. прикл. спектроскопии. - 1996. - Т. 63, N4. - С. 566-569.
2. Балицька В.О. Механізм явища електронно-стимульованого дихроїзму у склоподібному As_2S_3 // Журн. фіз. досліджень. - 1996. - Т. 1, N1. - С. 118-120.
3. Shpotyuk O.I., Balitska V.O. Coordination defects in vitreous As_2S_3 induced by γ -irradiation // Acta Physica Polonica. - 1997. - V. A. 2, N3. - P. 577-583.
4. Балицька В.О. Фізичні особливості електронно-індукованого дихроїзму в склоподібному As_2S_3 // Укр. фіз. журн. - 1997. - N10. - С. 1120-1124.
5. Shpotyuk O.I., Balitska V.O. Radiation sensors on the base of chalcogenide glasses // Elektronika. - 1997. - N10. - P. 43-46.
6. Shpotyuk O.I., Balitska V.O., Vakiv M.M., Shpotyuk L.I. Sensors of high-energetic radiation based on amorphous chalcogenides // Proceedings of the 11th European Conference on Solid State Transducers "EUROSENSORS'XI". - Warsaw. - 1997. - V.2.- P. 1085-1088.

7. Shpotyuk O.I., Balitska V.O.. Spectral dependence of electron-induced anisotropy in vitreous chalcogenide semiconductors // Abstract Booklet of International School-Conference on Physical Problems in Materials Science of Semiconductors. - Chernivtsi, Ukraine. - 1995. - P. 143.
8. Shpotyuk O.I., Kovalsky A.P., Vakiv M.M., Mrooz O.Ya., Storonyak M.I., Balitska V.O. Physical features and microstructural mechanism of radiation induced effects in chalcogenide glasses // Proceeding of XVII International Congress on Glass. - P.R.China, Beijing. - 1995. - P. 278-281.
9. Shpotyuk O.I., Balitska V.O. Effect of electron-induced anisotropy in chalcogenide glasses // Abstracts of VIII International Conference on Radiation Effects in Insulators. - Catania, Italy. - 1995. - P. 320.
10. Shpotyuk O.I., Balitska V.O., Vakiv M.M. Photo- and radiation-induced structural transformations in amorphous chalcogenide semiconductors // NATO Advanced Study Institute "Amorphous Insulators and Semiconductors". Abstracts. - Sozopol, Black Sea Coast, Bulgaria. - 1996. - P. 55.
11. Shpotyuk O.I., Vakiv M.M., Balitska V.O., Kovalsky A.P., Shpotyuk L.I. Radiation processing of multicomponent vitreous chalcogenides // Ninth International Conference on Rapidly Quenched and Metastable Materials. Book of Abstracts. - Bratislava. - 1996. - P. 456.
12. Vakiv M.M., Shpotyuk O.I., Balitska V.O., Shpotyuk L.I. On the role of coordination defects formation processes in electron-induced dichroism in chalcogenide glasses // The International Conference "Advanced Optical Materials and Devices". - Riga. - 1996. - P. 52.
13. Shpotyuk O.I., Balitska V.O., Vakiv M.M. Electron-induced anisotropy of chalcogenide glasses: state of the problem, physical features and microstructural mechanism // Abstracts of NATO Advanced Research Workshop "Physics and Application of Non-Crystalline Semiconductors in Optoelectronics" PANCSO'96.- Chisinau. - 1996. - P. 63-64.
14. Shpotyuk O.I., Balitska V.O., Vakiv M.M., Shpotyuk L.I. Luminescence study of electron-induced defects in amorphous arsenic trisulphide // International Conference

on Luminescence and Optical Spectroscopy of Condensed Matter. Conference Handbook ICL'96. - Prague. - 1996. - P. 4-154.

15. Shpotyuk O.I., Balitska V.O., Vakiv M.M. Effect of electron-induced dichroism in vitreous As_2S_3 // Abstracts of the 17th International Conference on Amorphous and Microcrystalline Semiconductors. - Budapest. - 1997. - P. 258.

16. Shpotyuk O.I., Vakiv M.M., Balitska V.O. Information optical systems based on amorphous chalcogenides for radiation dosimetry // Proceedings of the 5th International Conference on Optics "ROMOPTO'97". - Bucharest. - 1997. - P. 21.

Балицька В.О. Явище електронно-індукованого дихроїзму в склоподібних халькогенідах миш'яку.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.05 - оптика, лазерна фізика. - Інститут фізичної оптики, Міністерство освіти України, Львів, 1997.

Дисертація присвячена вивченню спектральних характеристик та мікроструктурного механізму явища електронно-індукованого дихроїзму в халькогенідних склоподібних напівпровідниках на основі As_2S_3 . Досліджено часову стабільність, дозові залежності даного явища та вплив на нього ізотермічного відпалу. Показано, що природа дихроїзму пов'язана з утворенням дефектів типу пар недокоординованих атомів з протилежно зарядженими електричними зарядами, створених електронно-стимульованим розривом ковалентних хімічних зв'язків матриці.

Ключові слова: *Дихроїзм, електронне опромінення, халькогенідні склоподібні напівпровідники, координаційні дефекти, коливні спектри.*

Балицкая В.А. Явление электронно-индуцированного дихроизма в стеклообразных халькогенидах мышьяка.

Дисертація на соискание научной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика, лазерная физика. - Институт физической оптики, Министерство образования Украины, Львов, 1997.

Диссертация посвящена изучению спектральных характеристик и микроструктурного механизма явления электронно-индуцированного дихроизма в халькогенидных стеклообразных полупроводниках на основании As_2S_3 . Исследовано временную стабильность, дозовые зависимости данного явления а также влияние на него изотермического отжига. Показано, что природа дихроизма связана с образованием дефектов типа пар недокоординированных атомов с противоположно заряженными электрическими зарядами, образованными путем электронно-стимулированного разрыва ковалентных химических связей матрицы..

Ключевые слова: *Дихроизм, электронное облучение, халькогенидные стеклообразные полупроводники, координационные дефекты, колебательные спектры.*

Balitska V.O. Phenomenon of electron-induced dichroism in the vitreous arsenic chalcogenides.

Thesis on search of the scientific degree of candidate of physical and mathematical speciality 01.04.05 -optics, laser physics. -Institute of Physics Optics, Ministry of education of Ukraine, Lviv, 1997.

This thesis is devoted to the investigation of spectral characteristics and microstructural mechanism of electron-induced dichroism in the vitreous arsenic chalcogenide based on As_2S_3 . Time-stability, dose-dependence and temperature-related features of this effect are studied. It is shown that the nature of dichroism is connected with defect formation of undercoordination atomic pairs with opposite electric charges formed by breaking of covalent bondings in matrix.

Key words: *Dichroism, electron irradiation, vitreous chalcogenide semiconductors, coordinated defects, vibrational spectra.*

288830

Ав 39.211

Підписано до друку 3.12.97 р. Формат 60×90/16.
Друк офсетний. Друк арк 1,0. Тираж 100. Зам. 211.
Відруковано у Брошнівській приватній друкарні фірми "Талія"
285501, Івано-Франківська область, Рожнятинський район,
смт Брошнів, вул. Шкільна, 2.