

## ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І ЕПР СТЕКОЛ GeS<sub>2</sub> І GeSe<sub>2</sub>, МОДИФІКОВАНИХ ТЕЛУРОМ

Д.І.Блецкан, Н.В.Юркович, В.М.Кабацій, І.М.Митровцій,  
І.М.Миголинець, М.Ю.Січка

Ужгородський державний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54

Проведено комплексне дослідження коливальних спектрів, краю власного поглинання, спектрів збудження і випромінювання фотолюмінесценції, ЕПР і температурної залежності електропровідності стекол GeS<sub>2</sub> і GeSe<sub>2</sub>, модифікованих телуrom.

Не дивлячись на те, що телур виявився електрично не активною домішкою в склоподібних GeS<sub>2</sub> і GeSe<sub>2</sub>, проте він істотно впливає на енергетичне положення краю власного поглинання, максимумів смуг випромінювальної рекомбінації і збудження фотолюмінесценції, зсуваючи їх у довгохвильову область спектра. Введення телура в склоподібний дисульфід германію приводить до різкого зменшення концентрації власних парамагнітних центрів.

### Вступ

Інтерес до вивчення склоподібних халькогенідів германію зумовлений перш за все можливістю їх практичного використання в опто- і мікроелектроніці. Зокрема, склоподібні GeS<sub>2</sub> і GeSe<sub>2</sub> з успіхом використовуються в якості неорганічних фото- і електронорезистивів з високим розділенням у технології виготовлення інтегральних схем [1,2]. Однією з невирішених проблем є розширення спектральної чутливості неорганічних резистивів у довгохвильову область. Здавалося б простий шлях вирішення цієї проблеми – введення домішок. Проте, на протязі тривалого часу вважалося, що на властивості халькогенідних склоподібних напівпровідників (ХСН) домішки не впливають або їх вплив дуже незначний [3,4]. І тільки в ряді робіт [5,6], виконаних пізніше, експериментально доведено, що легування склоподібних халькогенідів германію, відносно невеликими концентраціями елементів І групи, приводить до істотної зміни їх фізичних властивостей. Отже, пошук легуючих домішок, здатних помітно впливати на властивості ХСН, залишається актуальною задачею.

У даній роботі приводяться результати вивчення впливу телура на електропровідність, край власного поглинання, фотолюмінесцентні характерис-

тики, ЕПР і коливальні спектри стекол GeS<sub>2</sub> і GeSe<sub>2</sub>.

### Одержання зразків і методика експерименту

Область склоутворення в системі Ge-Se-Te вивчена в [7], де показано, що вздовж розрізу GeSe<sub>2</sub>-Te утворюються стійкі стекла. Стекла синтезували загально прийнятим методом прямого сплавлення елементарних речовин Ge і Se(S) високої чистоти з додаванням телуру (загальна маса наважки 10-12 г), у відкачених кварцових ампулах з використанням вібраційного перемішування. З метою усунення вибуху ампул, синтез речовин здійснювали в два етапи: на першій стадії ампули нагрівали з середньою швидкістю 3-5 К/хв до температури 550-600<sup>0</sup>С і витримували при ній 15-20 годин, після чого температуру підвищували до повного плавлення германію з швидкістю 2-3 К/хв і витримували сталою на протязі 20-25 годин. По закінченню синтеза ампули з розплавом загартувували у воді з льодом. Для усунення напруг і зниження крихкості стекла відпалювали при 140<sup>0</sup>С на протязі 15-20 годин.

Для оптичних і електричних вимірювань із масивного злитку вирізали зразки у вигляді плоскопаралельних пластин, які потім механічно шліфували і

полірували з використанням різного роду суспензій порошоків і паст на основі або води, або мінерального масла. Для вимірювання провідності в режимі постійного струму на досліджувані зразки (розміром  $10 \times 8 \times 1 \text{ мм}^3$ ) наносили аквадагові або золоті, шляхом термічного випаровування у вакуумі, електроди. Враховуючи, що стекла  $(\text{GeSe})_x\text{Te}_{1-x}$  є високоомними, для усунення струмів витoku вздовж поверхні зразка, на неї наносили охоронне кільце. Вимірювання електропровідності стекел проводили у вакуумі  $10^{-3}$  мм.рт.ст. в інтервалі температур  $293 \div 480 \text{ К}$ .

Визначення коефіцієнту поглинання  $\alpha$  в області краю власного поглинання досліджуваних стекел проводили методом двох товщин, чим виключали необхідність вимірювання відбивання  $R$ . Спектри комбінаційного розсіювання світла (КРС) досліджуваних стекел реєстрували з допомогою спектрометра ДФС-24 при кімнатній температурі, спектральна ширина щілини складала  $3\text{-}4 \text{ см}^{-1}$ . Джерелом збудження служив лазер ЛГ-38 потужністю  $\sim 40 \text{ мВт}$  ( $\lambda = 6325 \text{ А}$ ). Довгохвильові ІЧ-спектри пропускання вивчали на запресованих в поліетилен мілкодисперсних зразках з допомогою двопробного спектрофотометра FIS-3.

### Результати та їх обговорення

*Колівальні спектри.* На рис.1 і 2 приведені спектри КРС і довгохвильові ІЧ-спектри пропускання стекел  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ . Спектри КРС склоподібного  $\text{GeSe}_2$  містять характерні для цієї сполуки в неупорядкованому стані смуги  $24, 110, 345, 370$  і  $436 \text{ см}^{-1}$ .

Раніше [8], на підставі детального аналізу процесу формування колівальних спектрів кристалічних  $\alpha$  - і  $\beta$ - поліморфних форм дисульфіда германію, нами запропонована модель структури скла  $\text{GeSe}_2$ , згідно якої близький порядок у склі характеризується тетраедричною координацією германію, а середній визначається тим, що в його сітці можна виділити ланцюжки тетрадрів  $[\text{GeS}_4]$  із загальними вершинами, які з'єднані між собою міжланцюговими тетрадрами. Аналогіч-

но побудована шарувата решітка високо-температурної  $\beta$ -модифікації  $\text{GeSe}_2$  [9]. Скло, одержане шляхом загартування розплаву, наслідую структурний мотив саме даної кристалічної фази, причому містить уже тільки характерні для неї тетраедричні ланцюжки, оскільки відщеплення останніх один від другого (втрата кореляції) відбувається при плавленні у

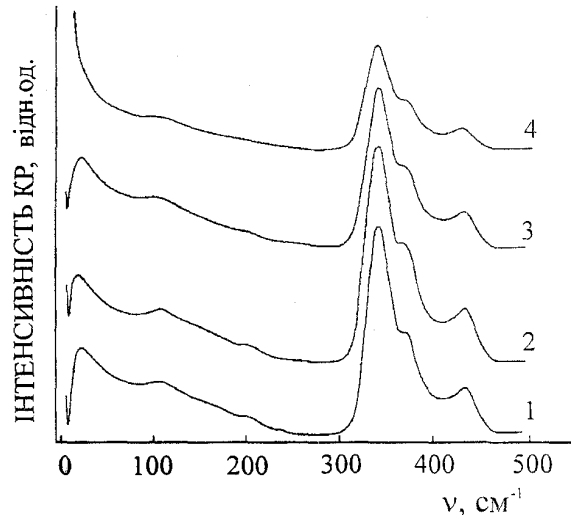


Рис. 1. Спектри КРС стекел  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ ,  $x$ : 1 – 0; 2 – 0,01; 4 – 1; 4 – 3.  $T = 293 \text{ К}$ .

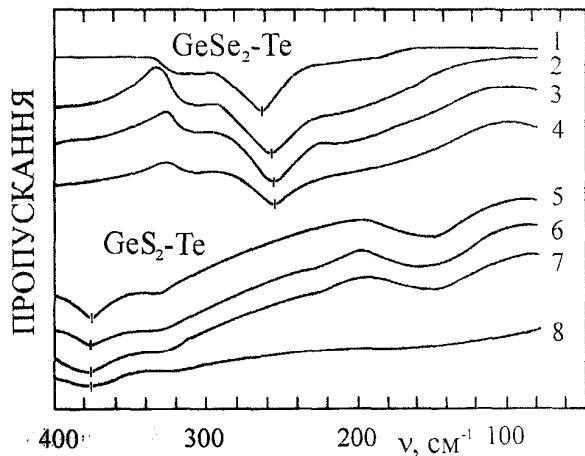


Рис.2. Довгохвильові ІЧ – спектри пропускання стекел  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ ,  $x$ : 1 – 0; 2 – 10; 3 – 20; 4 – 30 і  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ ,  $x$ : 5 – 0; 6 – 10; 7 – 20; 8 – 30.  $T = 293 \text{ К}$ .

першу чергу шляхом прямого руйнування здвоєних тетрадрів  $[\text{Ge}_2\text{S}_6]$ , які зв'язують їх у кристалічні шари. Важливим питанням, що стосується утворення

сітки таких модифікованих тетраедричних ланцюжків, є довжина і топологія самих ланцюжків. У принципі довжина може змінюватись у стеклах  $\text{GeS}(\text{Se})_2$  у широких межах – від ізольованих тетраедричних одиниць  $[\text{GeS}(\text{Se})_4]$ , до нескінчених утворень типу тих, що є в кристалічній  $\beta$ -фазі. Основна ж відмінність між структурами кристалічної і склоподібної фаз дихалькогенідів германію полягає в топологічній природі упаковки ланцюжків тетраедрів. У  $\beta$ -фазі кристалів ланцюжки фактично зв'язуються між собою здвоєними тетраедричними одиницями  $[\text{Ge}_2\text{S}(\text{Se})_6]$ . Навпроти, у стеклах модифіковані ланцюжки з тісно примикаючими до них боковими містковими тетраедрами скоріш за все орієнтовані випадково і намагаються сформувані кільця, проте із-за частого розташування додаткових тетраедрів, кількість яких може досягати 25% від загального числа усіх тетраедрів, середня відстань між ланцюжками (і кільцями) зберігається приблизно такою ж, як і в кристалі. Здвоєні тетраедричні одиниці практично повністю відсутні в атомній сітці стехіометричного скла, їх кількість не перевищує 5% від загального числа тетраедрів.

У роботі [10] був детально проаналізований КР спектр кристалічного  $\text{GeSe}_2$ , виміряний з великим розділенням, в результаті чого встановлено, що в області частоти валентних  $\nu_1$  коливань ізольованого тетраедра в ньому насправді присутні дві окремі лінії, що перекриваються:  $210,3 \text{ см}^{-1}$  (з напівшириною  $3,0 \text{ см}^{-1}$ ) і  $215,4 \text{ см}^{-1}$  (з напівшириною  $3,2 \text{ см}^{-1}$ ). Для обох ліній величина ступеня деполяризації однакова і складає 0,11. Інтенсивність високочастотної лінії досягає 10% від інтенсивності низькочастотної.

Ширина розглядуваних ліній в КР спектрі кристалу набагато менша за ширину відповідних їм ліній, що мають такий же самий ступінь деполяризації, в КР спектрі скла, де вона досягає значення  $14 \text{ см}^{-1}$ . Проте, найбільш важливим є сам факт наявності обох ліній в КР спектрах

кристала і скла, що засвідчує про збереження в структурі скла наслідкових від кристала кільцеподібних конструкцій середнього порядку.

Таким чином, структурним мотивом стеклок є ланцюжки, які містять, по крайній мірі, п'ять тетраедрів (п'ятичленні кільця). Симетрія цих тетраедричних фігур може бути різною, про це свідчить поява у стеклах катіонних місць В, виявлених методом месбауерової спектроскопії [11].

Малі добавки телура (3-5 ат.%) в стекла  $\text{GeX}_2$  істотних змін в їх коливальні спектри не привносять. Ні в спектрах КРС (рис.1), ні в довгохвильових ІЧ-спектрах (рис.2) стеклок  $\text{GeX}_2$ , з добавками Те, нових ліній, зумовлених зв'язками Ge-Te, не фіксується. Загальне зменшення інтенсивності усіх смуг у спектрі КРС по мірі збільшення концентрації Те скоріш за все зумовлене зменшенням ефективності КР збудження, викликане різким зменшенням ширини псевдощільнини.

#### *Край власного поглинання.*

Дослідження краю оптичного поглинання спеціально не легованих стеклок  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  показали, що в інтервалі значень  $\alpha=10\div 1000 \text{ см}^{-1}$  він описується правилом Урбаха :

$$\alpha = \alpha_0 \exp \frac{\sigma(h\nu - h\nu_0)}{kT},$$

де  $\alpha_0$  – коефіцієнт поглинання, який відповідає частоті  $\nu_0$ ;  $h\nu$  – енергія фону;  $\Gamma = \sigma/kT$  характеризує нахил кривої  $\alpha(h\nu)$  при даній температурі. Порівнюючи значення  $\Gamma$  стехіометричних стеклок  $\text{GeS}_2$  ( $\Gamma=11,5 \text{ eV}^{-1}$ ) з іншими склоутворювачами такими, як  $\text{As}_2\text{S}_3$  ( $\Gamma=19 \text{ eV}^{-1}$ ) і  $\text{As}_2\text{Se}_3$  ( $\Gamma=20 \text{ eV}^{-1}$ ) [12], бачимо значне зменшення нахилу краю оптичного поглинання. Ця різниця в значеннях  $\Gamma$  є проявом електрон-фононних взаємодій в бінарних халькогенідних стеклах на основі германію і миш'яку.

Спектральні залежності  $\alpha$  для стеклок  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ , отриманих процедурою "зшивання", представлені на рис.3. З цього рисунка видно, що має місце майже паралельне зміщення краю

власного поглинання в довгохвильову область спектру по мірі збільшення процентного вмісту телура в стеклах. Приймаючи в якості оптичної щільності значення енергії фотона, яке відповідає

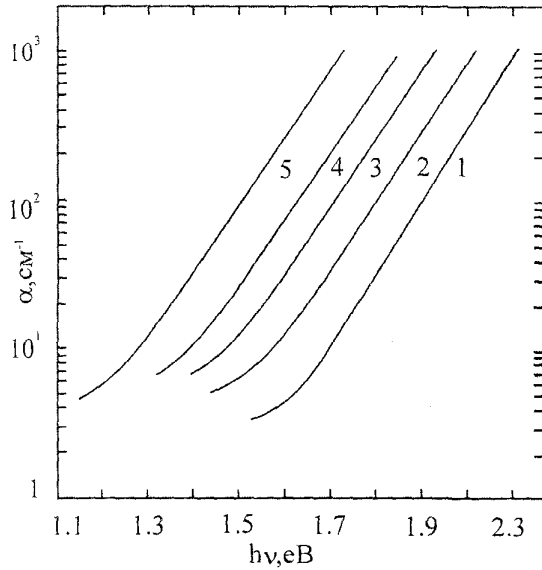


Рис.3. Край власного поглинання стекел  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{TeX}$ ,  $x$ : 1 – 0; 2 – 0,1; 3 – 1; 4 – 2; 5 – 4.  $T = 273 \text{ K}$ .

коефіцієнту поглинання  $\alpha = 10^3 \text{ cm}^{-1}$ , для чистих стекел  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  отримані значення  $E_g^{\text{opt}} = 3,1 \text{ eV}$  і  $2,3 \text{ eV}$  відповідно. Введення телура в ці стекла приводить до зменшення оптичної щільності, про що свідчать криві 2-5 на рис.3, які відображають зміщення краю власного поглинання в довгохвильову область спектра по мірі збільшення концентрації модифікатора.

*Електропровідність на постійному струмі.* Спеціально не леговані стекла  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  мають низьку питому електропровідність  $\sigma_T = 10^{14} \div 10^{15} \text{ Om}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Температурна залежність електропровідності нелегованих склоподібних дихалькогенідів германію в широкому інтервалі температур  $T = 293\text{--}500 \text{ K}$  описується експоненціальним законом  $\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)$ , з єдиною енергією активації  $E_a$  рівною:  $0,94 \pm 0,02 \text{ eV}$  ( $\text{GeSe}_2$ ) і  $1,1 \text{ eV}$  ( $\text{GeS}_2$ ). Порівнюючи енергію активації і значення

половини ширини оптичної щільності одного і того ж складу стекел, переконаємося в справедливості нерівності  $E_a < E_g^{\text{opt}} / 2$ , що вказує на закріплення рівня Фермі поблизу валентної зони.

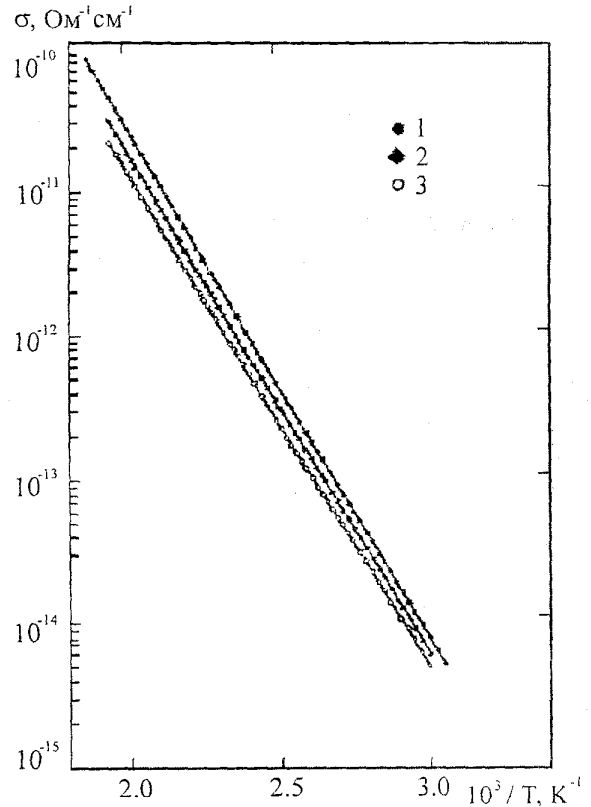


Рис.4. Температурна залежність електропровідності стекел  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{TeX}$ ,  $x$ : 1 – 0; 2 – 0,5; 3 – 2.

Наші експерименти показали, що домішкові атоми телура в склоподібних халькогенідах германію є електрично неактивними. Тобто навіть при значних концентраціях (1-3 ат.% і більше) вони практично не змінюють електропровідності склоподібних диселеніду і дисульфідів германію. Енергія активації також не чутлива до домішок телуру. Введення  $\text{Te}$  не приводить до домішкової провідності склоподібних дихалькогенідів германію: на температурній залежності електропровідності стекел з добавками телура не спостерігається перегинів, характерних для домішкової провідності кристалів. Для пояснення відсутності домішкової провідності в ХСН було

запропоновано декілька моделей. Так, згідно моделі насичених зв'язків, домішкові атоми при введенні в структурну сітку скла перебудовують своє локальне оточення таким чином, що насичують усі свої хімічні зв'язки і не можуть утворювати в забороненій зоні напівпровідника енергетичні рівні.

**Фотолюмінесценція.** На рис.5 зображені спектри випромінювання (ФЛ) і спектри збудження фотолюмінесценції (Е) спеціально не легованих (криві 1) і легованих Те (криві 2,3) стекел  $\text{GeSe}_2$ . Спектри фотолюмінесценції спеціально не легованого (1) і легованого телуrom (2) склоподібного  $\text{GeS}_2$  зображені на рис.6.

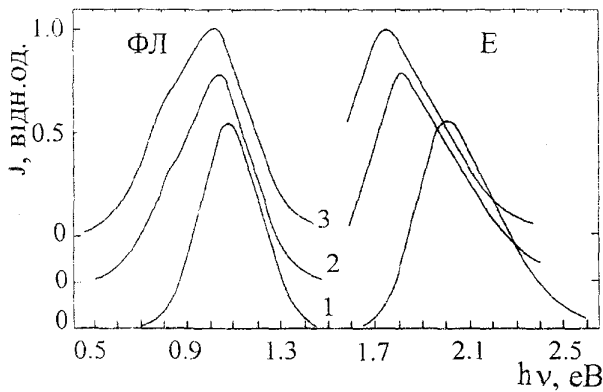


Рис.5. Спектри фотолюмінесценції (ФЛ) і збудження фотолюмінесценції (Е) стекел  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ .

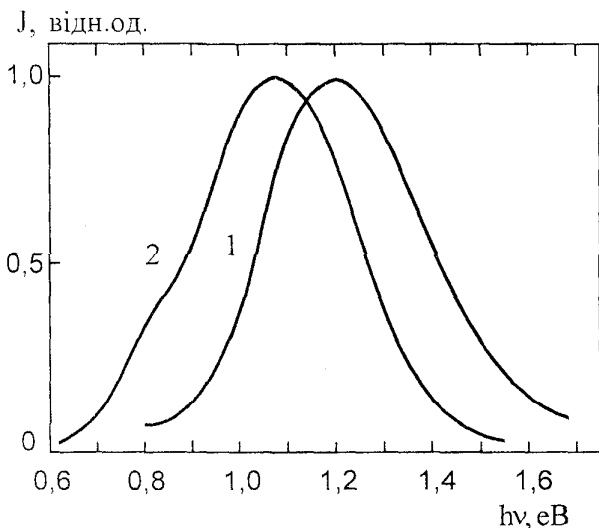


Рис.6. Спектри ФЛ стекел  $(\text{GeS}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ .  
x: 1-0; 2-0,1 ат.% Те. T = 77 К.

В спектрах ФЛ спеціально не легованих стекел  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$ , (криві 1, рис.5,6) спостерігається по одній інтенсивній смузі випромінювання з максимумами  $h\nu_{\text{max}}=1,23$  eV і  $h\nu_{\text{max}}=1,08$  eV і півширинами  $\Delta=0,42$  eV і  $\Delta=0,36$  eV відповідно. Форма смуг фотолюмінесценції для склоподібних дихалькогенідів германію є симетричною і описується розподілом Гаусса, тобто:

$$S(h\nu)=\text{const} \cdot \exp[-(h\nu-E_{\text{фл}})^2/\Delta^2],$$

де  $E_{\text{фл}}$  – енергія максимуму смуги випромінювання. Для склоподібних фаз  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  не спостерігається явище стомлюваності ФЛ (по крайній мірі при низьких рівнях збудження), що є їх відмінною ознакою в порівнянні з халькогенідами миш'яку, де стомлюваність має місце.

Фотолюмінесценція в стеклах  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  спостерігається тільки при зоназонному збудженні. Спектр збудження фотолюмінесценції (Е) (крива 1 на рис.5) обох стекел містить один максимум, енергетичне положення якого відповідає значенню коефіцієнта поглинання на експоненціальному краю власного поглинання  $\alpha=80-100$   $\text{cm}^{-1}$ . Останнє вказує на те, що процес збудження фотолюмінесценції зв'язаний з оптичними переходами, які включають локалізовані стани в хвості дозволених зон. Спостерігається істотний стоксовий зсув  $W_s=E_{\text{зфл}}-E_{\text{фл}}$ , що водночас з великими півширинами смуг випромінювання вказує на сильну електрон-фононну взаємодію при електронних переходах з участю глибоких домішкових центрів.

Детальне вивчення спектрів випромінювання стекел  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  дозволило встановити залежність енергетичного положення максимуму від:

- 1) енергії збуджуючих квантів світла; з її збільшенням максимум у спектрі ФЛ зміщується у високоенергетичну область спектра;
- 2) інтенсивності збуджуючого світла; з її збільшенням максимум також зміщується в область більш високих енергій;
- 3) впливу відпалу скла; енергетичне положення максимуму ФЛ свіжоприго-

товленого скла і скла відпаленого різне. Відпал приводить до зміщення  $E_{\text{фл}}$  у високоенергетичну область, наближаючи його до значення  $E_{\text{фл}}$  у кристалі.

Ці ж фактори істотно впливають і на півширину ( $\Delta$ ) смуги ФЛ. Так, зменшення енергії збудження приводить до збільшення  $\Delta$ . На наш погляд встановлені закономірності фотолюмінесценції склоподібних  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  є головними причинами неоднозначності у визначенні різними групами авторів [13-16] енергетичного положення максимуму смуги ФЛ, її півширини та інших характеристик ФЛ і не обумовлені помилкою експерименту, що на перший погляд є більш імовірним.

Люкс-яскравісні характеристики (ЛЯХ) стекол  $\text{GeX}_2$  (рис.7) є лінійними. Лінійність ЛЯХ, поряд з експоненціальним затуханням ФЛ, вказує на мономолекулярний характер рекомбінації в спеціально не легованих склоподібних халькогенідах германію.

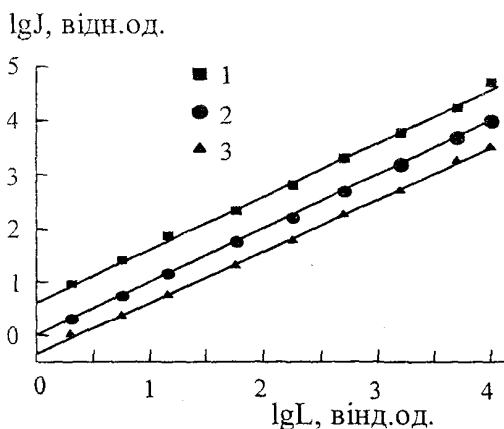


Рис. 7. Люкс-яскравісні характеристики стекол  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$ ,  $x$ : 1 – 0; 2 – 0,5; 3 – 1.  $T = 77 \text{ K}$ .

Введення  $\text{Te}$  в стекла  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$  через розплав супроводжується зміною як спектрів ФЛ, так і спектрів збудження фотолюмінесценції. Для обох складів із зростанням концентрації  $\text{Te}$  максимуми в спектрах збудження ФЛ зсуваються в низькоенергетичну область спектра, симбатно слідуючи зміщенню країв власного поглинання.

Загальним є характер перебудови спектрів фотолюмінесценції при введенні однакових кількостей ізоелектронної домішки  $\text{Te}$  в склоподібні  $\text{GeS}_2$  і  $\text{GeSe}_2$ . Поряд з уширенням смуг і їх асиметричністю, на довгохвильовому спаді основних смуг проявляється слаба особливість у вигляді плеча ( $\sim 0,8 \text{ eV}$ ). Із збільшенням концентрації  $\text{Te}$  в стеклах  $\text{GeX}_2$  максимум основної смуги ФЛ зсувається в низькочастотну область спектра, а відносний квантовий вихід фотолюмінесценції зменшується. Введення телура приводить також до появи стомлюваності ФЛ і до її підсилення по мірі збільшення концентрації домішки.

Для пояснення результатів ФЛ важливо знати положення в матриці і зарядовий стан домішки  $\text{Te}$  в досліджуваних стеклах. В цьому плані корисну інформацію можна отримати, використовуючи методи ЕПР і месбауерової спектроскопії. Месбауерові дослідження стекол  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$  на ізотопі  $^{129}\text{Te}^{\text{M}}$  ( $^{129}\text{I}$ ), виконані авторами [11], які показали, що існують два нееквівалентних місця розташування  $\text{Te}$  в матриці цих стекол, що характеризуються різними значеннями квадрупольного розщеплення ( $\Delta E_Q$ ): хімічно упорядковане місце А, зв'язане з двома атомами  $\text{Ge}$  і місце В, зв'язане з атомом  $\text{Ge}$  і атомом халькогена (у місці В телур дворазово координований).

Оскільки у спектрі ФЛ стекол  $(\text{GeSe}_2)_{100-x}\text{Te}_x$  появляється плече в області енергії  $0,8 \text{ eV}$ , що відповідає місцю розташування максимуму смуги випромінювання склоподібного  $\text{Se}$ , то це вказує на той факт, що у першу чергу телур заміщує селен у місцях В, в результаті чого утворюються області вільного селена з дефектами типу  $\text{C}_1^-$ , які і відповідають за смугу ФЛ з енергією  $\sim 0,8 \text{ eV}$  і стомлюваність ФЛ. Так як із збільшенням концентрації  $\text{Te}$ , збільшується загальна кількість вільного  $\text{Se}$ , то це і приводить до підсилення стомлюваності і зменшення квантового виходу ФЛ. На користь цього засвідчують і дані ЕПР.



- formation de verres dans le systeme pseudobinaire  $\text{GeSe}_2\text{-Te}$ . // *Rev.Phys. Appl.* 1977. V.12. № 5. P.677-680.
8. Блецкан Д.И. Фононные спектры и электронные явления в упорядоченных и неупорядоченных халькогенидах германия. Автореферат диссертации на соискание уч.степени д.ф.-м.н. Киев: ИПАН УССР 1985.36с.
  9. Dittmar G., Schäfer H. Die Kristallstruktur von  $\text{H.T.-GeS}_2$ . // *Acta Cryst.B.*, 1975.V.31. № 7.P.2060-2064.
  10. Inoue K., Matsuda O., Murase K. Raman spectra of tetrahedral vibrations in crystalline germanium dichalcogenides,  $\text{GeS}_2$  and  $\text{GeSe}_2$ , in high and low temperature forms. // *Solid State Comm.* 1991. V.79. №11. P.905-910.
  11. Boolchand P. Mössbauer spectroscopy - a rewarding probe of morphological structure of semiconducting glasses. // In: *Physical properties of amorphous materials*. Edited by D.Adler, B.Schwartz, M. Steele. Plenum Press, New York and London A Division of Plenum Publishing Corporation. 1985. P.221-260.
  12. Мотт А., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир. 1982. 663с.
  13. Блецкан Д.И., Кролевец Н.М., Сичка М.Ю. Излучательная рекомбинация стекол  $\text{GeSe}_x$ . // *ФТП*. 1976. Т.10. №10.С.1817-1820.
  14. Vassilyev V.A., Koos M., Kosa Somogyi J. Photoluminescence of glassy and single-crystalline  $\text{GeSe}_2$  measured at 77K. // *Solid State Comm.*1977. V.22. №10. P.633-636.
  15. Shirafuji J. Kim G.I. Photoluminescence and optical properties of  $\text{Ge}_x\text{Se}_{1-x}$  glasses. // *Japan J.App.Phys.* 1977. V.16. №1. P.67-76.
  16. Коломиец Б.Т., Мамонтова Т.Н., Муқанов Х.К. Фотолюминесценция стеклообразного диселенида германия, подвергнутого термическому отжигу. // *ФТП*. 1981. Т.15. №6. С.1083-1087.
  17. Жилинская Е.А., Чепелева Н.В., Лазукин В.Н., Виноградова Г.З., Майсашвили Н.Г. Парамагнитные центры в полупроводниковых стеклах системы  $\text{Ge-S}$ . // *Физ. и хим. стекла*. 1983. Т. 9 №3. С.267-274.

## OPTICAL PECULIARITIES AND EPR OF $\text{GeS}_2$ , $\text{GeSe}_2$ GLASSES, MODIFIED BY TELLURIUM

D.I. Bletskan, N.V. Jurkovych, V.M. Kabatsij, I.M. Mytrovtsij, I.M. Myholynets, M.J. Sichka

Uzhhorod State University, 88000, Uzhhorod, Voloshyn str., 54

The complex research of oscillating spectra, the edge of own absorption, the spectra of excitation and photoluminescence radiation, EPR and temperature dependence of electro-conductivity of  $\text{GeS}_2$ ,  $\text{GeSe}_2$  glasses, modified by tellurium, has been carried out.

In spite of the tellurium proved to electrically non-active admixture in glass-like  $\text{GeS}_2$ ,  $\text{GeSe}_2$ , it influences essentially the energetic position of the edge of own absorption, the maxima of the radiation recombination stripes, excitation of photolum in essence, shifting them into the long-wave spectrum region. The adding of tellurium into the  $\text{GeS}_2$  leads to the sharp lowering of the concentration of own paramagnetic centers.