

АНОТАЦІЯ

Ревуцька Л.О. Вплив складу та легування на ближній порядок халькогенідних стекол та формування поверхневих рельєфів на тонких плівках і нанокompозитах на їх основі. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2020.

Сучасні інформаційні технології потребують нових та ефективних рішень в області запису та зберігання інформації. Ключовим напрямом для вирішення цих задач є розробка нових функціональних матеріалів. Одними із таких матеріалів є халькогенідні стекла, для яких властиві: прозорість в ІЧ області спектру, відносно великі значення лінійного і нелінійного показника заломлення та прояв різноманітних фотоіндукованих явищ. Це робить їх перспективними матеріалами для створення приладів ІЧ оптики, середовищ для запису інформації, елементів фотоніки, оптоелектроніки та ін.

Відомо, що фізико-хімічні властивості халькогенідних стекол можна змінювати шляхом зміни складу, легування та дії зовнішніх чинників. Детальне вивчення структурних властивостей ХС дозволить краще зрозуміти процеси утворення поверхневих рельєфів на тонких плівках та багатошарових халькогенідних наноструктурах і розширить можливості використання даних матеріалів в якості середовищ для запису інформації. Тому вивчення взаємозв'язку атомної структури та локальних, інтегральних фізичних властивостей модифікованих халькогенідних стекол є необхідним для вирішення ряду фундаментальних проблем фізики неупорядкованого стану, що визначає актуальність та практичну цінність даної роботи.

Метою дисертаційної роботи є встановлення впливу складу, легування на структурні властивості об'ємних халькогенідних стекел і можливості прикладного застосування тонких халькогенідних плівок і багатошарових наноструктур на їх основі в якості матеріалів для голографії та отримання елементів фотоніки.

У дисертації було отримано наступні **наукові результати**:

- Виявлено, що для розрізів As-S-Sb, As-Se-S, $As_2Se_3:Mn$ відбуваються зміни у структурі ближнього порядку. Для систем $As_2S_3:Ag$, As-S-Ge – зміни неістотні.

- З'ясовано, що в композиційних розрізах As-S-Sb, As-Se-Ge, As-Se-S, As-S-Ge, $As_2Se_3:Mn$, $As_2S_3:Ag$ при зміні композиції або легуванні сріблом і марганцем відбувається відносна зміна концентрації основних структурних одиниць та нестехіометричних молекулярних фрагментів.

- Вперше показано можливість прямого електронно-променевого запису на халькогенідних плівках $As_{38}S_{36}Se_{26}$ та $As_3S_{77}Ge_{20}$. Формування рельєфу добре описується експоненційною залежністю від часу експозиції та може бути пояснено зарядовою моделлю.

- Показано, що композитні багатошарові наноструктури $As_2S_3:Ag/Se$ дають можливість реалізувати одностадійний оптичний запис поверхневого рельєфу голографічних ґраток без стадії селективного травлення.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у тому, що проведені дослідження розширюють наукове підґрунтя щодо розуміння структури халькогенідних стекел, дають змогу оптимізувати процеси утворення поверхневого рельєфу на тонких плівках та багатошарових халькогенідних наноструктурах. Отримані результати показують перспективність використання даних матеріалів в якості середовищ для запису інформації та виготовлення оптичних елементів.

У вступі дисертаційної роботи висвітлено проблематику, визначено об'єкт та напрями дослідження, обґрунтовано актуальність та наукову новизну роботи,

сформульовано мету і завдання, визначено методи дослідження, окреслено практичну цінність одержаних результатів та форми їх апробації.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел по даній тематиці. Представлено огляд робіт стосовно структурних та оптичних властивостей халькогенідних стекел. Показано роль структури, зокрема, ближнього порядку на макроскопічні властивості. Наведено вже існуючі та можливі в майбутньому практичні застосування халькогенідних стекел, тонких плівок та нанокмполітів на їх основі. Зважаючи на результати аналізу літературних джерел, було сформульовано мету дослідження та поставлено завдання.

У другому розділі описані основні методи отримання об'ємних зразків халькогенідних стекел та тонких плівок на їх основі. Наведено методики, що використовувались для дослідження: рентгеноструктурний аналіз (РСА), спектроскопія комбінаційного розсіяння світла (КРС), енергодисперсійна рентгенівська спектроскопія (ЕДРС), оптична голографія (ОГ), атомно-силова мікроскопія (АСМ) та скануюча електронна мікроскопія (СЕМ).

У третьому розділі представлено результати досліджень структурних властивостей з використанням РСА халькогенідних стекел As-Se-Ge, As-S-Sb, As-S-Ge, As-Se-S, As₂Se₃: Mn та As₂S₃: Ag. Для всіх композицій рентгенодифракційні криві демонструють аналогічну поведінку – мають широкі піки (гало), що систематично зміщені. Такий характер кутових залежностей розсіяного рентгенівського випромінювання підтверджує аморфність матеріалів та відсутність у них дальнього порядку та тривимірної періодичності. На основі отриманих даних дифракції було розраховано функції парного розподілу для стекел, що вивчались. Обчислені параметри ближнього порядку (радіуси першої та другої координаційних сфер) показали, що структура стекел As-S-Sb, As₂Se₃: Mn, As-S-Se зазнає змін при зміні складу або легуванні, для систем As₂S₃:Ag, As-S-Ge – зміни неістотні.

У четвертому розділі наведено результати досліджень структурних властивостей з використанням спектроскопії КРС халькогенідних стекол As-Se-Ge, As-S-Sb, As-S-Ge, As-Se-S, As₂Se₃: Mn та As₂S₃: Ag. Було проведено моделювання отриманих спектрів КРС даних стекол. Композиційні залежності інтенсивності смуг спектрів КРС показали відносну зміну концентрації основних та нестехіометричних молекулярних фрагментів після зміни складу та після легування ХС. Результати аналізу змодельованих спектрів КРС узгоджуються з отриманими параметрами ближнього порядку і свідчать про те, що легування і зміна складу ХС, спричиняє зміну відносної концентрації молекулярних фрагментів, що містять зв'язки As-S для сульфідних стекол та зв'язки As-Se для селенідних стекол.

У п'ятому розділі показано практичне застосування тонких плівок As-S-Se і As-S-Ge та нанокомпозитів As₂S₃:Ag/Se, зокрема, придатність до електронно-променевого та голографічного запису. На тонких плівках As₃₈S₃₆Se₂₆ та As₃S₇₇Ge₂₀ було досліджено формування поверхневого рельєфу в результаті взаємодії із електронним пучком. Продемонстровано, що процес формування поверхневих структур описується зарядовою моделлю, а також визначено основні параметри: початкову та інверсійну дози і часи релаксації. На прикладі виготовлених багат шарових наноструктур As₂S₃:Ag/Se показано, що фотостимульовані процеси в шарах ХС дозволяють реалізовувати прямий запис поверхневого рельєфу з високими значеннями дифракційної ефективності голограмних дифракційних решіток у пропусканні (~22%) та профілем рельєфу близьким до синусоїдального.

У додатку наведено список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 10 статтях у фахових вітчизняних та міжнародних наукових журналах (5 з них включені до міжнародної науково-метричної бази SCOPUS), у 2 статтях у збірниках праць

конференцій (входять до міжнародної науково-метричної бази SCOPUS) та 31 тезі доповідей на конференціях.

Ключові слова: халькогенідні стекла, халькогенідні тонкі плівки, структурні властивості, ближній порядок, функція парного розподілу, нанофази, спектроскопія комбінаційного розсіювання світла, електронно-променевий запис, голографічний запис, багатошарові нанокompозити.

SUMMARY

Revutska L.O. The influence of composition and doping on the short-range structure of chalcogenide glasses and formation of surface reliefs on thin films and nanocomposites based on them. – Qualifying scientific work, the manuscript.

PhD thesis in the field of knowledge 10 Natural Science in specialty 105 Applied Physics and Nanomaterials. – National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, 2020.

Modern information technologies need new and effective solutions in the field of recording and storage of information. The key direction for solving these problems is the development of new functional materials. One of such materials are chalcogenide glasses, that are characterized by: transparency in the IR range of the spectrum, relatively large values of linear and nonlinear refractive indices and the manifestation of various photoinduced phenomena. It makes them promising materials for the designing of devices for infrared optics, information recording, photonics and optoelectronics, etc.

It is known that the physicochemical properties of chalcogenide glasses can be varied by changing the composition, doping and by influence of external factors. Detailed study of the structural properties of chalcogenide glasses will provide a deeper understanding of the processes of surface relief formation on thin films and multilayer chalcogenide nanostructures and will expand the possibilities of using these materials as media for information recording. Therefore, the study of the relationship between atomic structure and local, integral physical properties of modified chalcogenide glasses is necessary to solve an amount of fundamental problems in the disordered state physics, that determines the relevance and practical value of this work.

The aim of the dissertation is to analyze the influence of composition, doping on the structural properties of bulk chalcogenide glasses and the possibility of application

of thin chalcogenide films and multilayer nanostructures based on them as materials for holography and photonics.

The following **scientific results** were obtained in the dissertation:

- It was found the changes in short-range order for the glasses As-S-Sb, As-Se-S, As₂Se₃: Mn. At the same time for As₂S₃: Ag, As-S-Ge systems these changes are insignificant.

- It was found the relative change in the concentration of basic structural units and non-stoichiometric molecular fragments of As-S-Sb, As-Se-Ge, As-Se-S, As-S-Ge, As₂Se₃:Mn, As₂S₃:Ag due to the changing of the composition or doping with silver and manganese.

- For the first time it was shown the possibility of direct electron beam recording on chalcogenide films As₃₈S₃₆Se₂₆ and As₃S₇₇Ge₂₀. The relief formation was described by the exponential dependence on the exposure time and can be explained by the charge model.

- It was shown that composite multilayer nanostructures As₂S₃:Ag/Se are suitable for realization of the one-stage optical recording of the surface relief of holographic gratings without the stage of selective etching.

The practical value of the dissertation is that the research expands the scientific basis for better understanding the structure of chalcogenide glasses, allows to optimize the processes of surface relief on thin films and multilayer chalcogenide nanostructures. The obtained results show the prospects of using these materials as media for information recording and optical elements manufacturing.

The introduction verifies the relevance of the topic of the dissertation, formulates the purpose and objectives of the research, shows the scientific novelty and practical significance of the obtained results, indicates the personal contribution of the dissertation and presents data on the approbation of the results of the dissertation research, lists the publications on the topics of the dissertation.

The first chapter is devoted to the review and analysis of reference sources on this topic, highlights the basic data on the structural and optical properties of chalcogenide glasses. The role of structure, in particular, of short-range order on macroscopic properties and as a consequence of possible practical applications, is shown.

The second chapter of the dissertation deals with the basic methods of obtaining chalcogenide glasses bulk samples and thin films based on them. Also, a description of the used methods is presented: X-ray diffraction, Raman spectroscopy, X-ray energy spectroscopy (EDX), holographic grating recording, atomic force (AFM) and scanning electron microscopy (SEM).

The third chapter presents the results of structural properties studies of As-Se-Ge, As-S-Sb, As-S-Ge, As-Se-S, As₂Se₃: Mn and As₂S₃: Ag chalcogenide glasses using XRD. The X-ray diffraction curves of studied compositions exhibit similar behavior – containing wide peaks (halo) that are systematically displaced. This behavior of the angular dependences of the X-ray scattering confirms the amorphous nature of the materials and the absence of long-range order and three-dimensional periodicity. Based on the obtained diffraction data, the pair distribution functions were calculated for the studied glasses. The calculated short-range parameters (the radii of the first and second coordination spheres) showed that the structure of the As-S-Sb, As₂Se₃: Mn, As-S-Se glasses changes, for As₂S₃: Ag, As-S-Ge systems – changes are insignificant.

The fourth chapter shows the results of structural studies using Raman spectroscopy of As₂Se₃: Mn, As-Se-Ge, As₂S₃: Ag, As-S-Sb, As-S-Ge, As-Se-S chalcogenide glasses. The Raman spectra of these glasses were also measured and fitted. The analysis of the modeled Raman spectra of studied glasses was carried out. The compositional dependences showed a relative change in the concentration of the basic and non-stoichiometric molecular fragments with the composition change and doping. The results of the analysis of the simulated Raman spectra are consistent with the obtained parameters of short-range order and indicate that doping and changes in the composition of chalcogenide glasses, causes a change in the relative concentration

of molecular fragments containing As-S bonds for sulfide glasses and As-Se bonds for selenide glasses.

The fifth chapter shows the practical application of thin films As-S-Se and As-S-Ge and nanocomposite $\text{As}_2\text{S}_3:\text{Ag}/\text{Se}$, the ability of direct electron beam and holographic recording. The formation of surface relief as a result of interaction with the electron beam on the $\text{As}_{38}\text{S}_{36}\text{Se}_{26}$ and $\text{As}_3\text{S}_{77}\text{Ge}_{20}$ thin films was investigated. The model describing the process of formation of surface structures is presented, as well as the basic parameters determined: initial and inversion doses and relaxation times. Also it was shown that the photostimulated processes in $\text{As}_2\text{S}_3:\text{Ag}/\text{Se}$ multilayer nanostructures allow the direct recording of surface relief of holographic diffraction gratings with high diffraction efficiency values in transmission (~22%) and relief profile is close to sinusoidal one.

The appendix contains a list of publications on the topic of the dissertation and information on the approbation of the dissertation results.

The main results of the thesis published 10 articles in specialized national and international journals (5 of them included in the international scientific metric database SCOPUS), 2 articles in the Proceedings of conferences (included in the international scientific metric database SCOPUS) and 31 thesis papers of conferences.

Keywords: chalcogenide glasses, chalcogenide thin films, structural properties, short-range order, pair distribution function, nanophases, Raman spectroscopy, electron beam recording, holographic recording, diffraction gratings, composite nanostructures.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧКИ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ревуцька Л.О., Паюк О.П., Стронський О.В., Гудименко О.Й., Губанова А.О., Криськов Ц.А.. Дослідження структурних властивостей халькогенідних стекол As_2S_3 легованих сріблом. Оптоелектроника и полупроводниковая техника, вип. 51, 2016, с.123-127.

2. Paiuk O.P., Revutska L.O., Stronski A.V., Gudymenko A.Y., Stanchu H.V., Gubanova A.A., Kryskov Ts.A.. Structural properties of chalcogenide glasses As_2Se_3 doped with manganese. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics, 2016. V. 19, N 2. p. 205-207 (Web of Science Core Collection).

Здобувачкою отримано експериментальні результати спектроскопії КРС та рентгенівської дифракції для серій зразків халькогенідних стекол As_2S_3 легованих сріблом та As_2Se_3 легованих марганцем, проведено аналіз спектрів КРС та проведено розрахунок функцій парного розподілу.

3. Shportko K., Revutska L., Paiuk O., Baran J., Stronski A., Gubanova A. and Venger E. Compositional dependencies in the vibrational properties of amorphous Ge-Sb-Te and Ge-As-Se chalcogenide alloys studied by Raman spectroscopy. Optical Materials, 73, 2017, p. 489-496. DOI: 10.1016/j.optmat.2017.08.042 (SCOPUS, Web of Science Core Collection, Нідерланди)

Здобувачкою отримано експериментальні результати, проведено аналіз та моделювання спектрів КРС для серії зразків ХС Ge-As-Se.

4. Мешалкин А., Паюк А.П., Ревуцкая Л.А., Акимова Е., Стронский А.В., Присакарь А., Тридих Г., Абашкин В., Корчевой А., Горонескуль В.Ю. Прямая запись поверхностного рельефа дифракционных решеток с использованием слоев селена как регистрирующих сред. Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, 53, 2018, с.240-247.

5. Ревуцька Л.О., Денисова З.Л., Стронський О.В.. Нанесення плівок халькогенідних стекол з розчину: виготовлення, властивості, застосування (огляд). Оптоэлектроника и полупроводниковая техника, 53, 2018, с.124-139.

Здобувачкою проведено аналіз існуючих методів виготовлення тонких халькогенідних плівок, зокрема нанесення з розчину.

6. Stronski A., Kavetskyu T., Revutska L., Kaban I., Shportko K., Baran J., Trzebiatowska M. Stoichiometric deviations in bond distances in the mixed As_2S_3 - As_2Se_3 system: Raman spectroscopy and EXAFS studies. Journal of Non-Crystalline

Solids. 521: p. 1-6, 2019. DOI: 10.1016/j.jnoncrysol.2019.119533. (SCOPUS, Web of Science Core Collection, Нідерланди)

Здобувачкою отримано, змодельовано і проаналізовано спектри комбінаційного розсіювання світла для серії зразків As-S-Se та проведено порівняння результатів моделювання з параметрами ближнього порядку, отриманими за допомогою методики EXAFS.

7. Stronski A., Revutska L., Meshalkin A., Paiuk O., Achimova E., Korchovyi A., Shportko K., Gudymenko O., Prisacar A., Gubanova A., Triduh G. Structural properties of Ag-As-S chalcogenide glasses in phase separation region and their application in holographic grating recording Optical Materials 94, p. 393-397, 2019. DOI: 10.1016/j.optmat.2019.06.016. (SCOPUS, Web of Science Core Collection, Нідерланди)

Здобувачкою запропоновано багатoshаровий нанокмползит $As_2S_3:Ag/Se$ для голографічного запису дифракційних решіток та проаналізовано зображення АСМ.

8. Revutska L., Shylenko O., Stronski A., Komanicky V., Bilanych V.. Electron-beam recording of surface structures on As-S-Se chalcogenide thin films. Physics and Chemistry of Solid State. Vol.21, №1, p. 391-395, 2020. DOI: 10.15330/pcss.21.1. (SCOPUS, Web of Science Core Collection)

9. Revutska L., Shylenko O., Stronski A., Komanicky V., Bilanych V. The formation of surface nanostructures on As-S-Ge chalcogenide film after e-beam exposure. KPI Science News, №1, p. 48-53, 2020. DOI: 10.20535/kpi-sn.2020.1.197958.

Здобувачкою запропоновано склади плівок халькогенідних стекол $As_{38}S_{36}Se_{26}$ та $As_3S_{77}Ge_{20}$ для електронно-променевого запису, здійснено запис та досліджено отриманий поверхневий рельєф.

10. Stronski A., Revutska L., Shportko K., Gudymenko O., Baran J, Trzebiatowska M., Oleksenko P. The influence of composition on short-range order of amorphous

As₂S₃-Sb₂S₃ chalcogenide alloys: a XRD and Raman study. Functional Materials, №2, 27, p.315-321, 2020. DOI: 10.15407/fm27.02.315 (Web of Science Core Collection, SCOPUS).

Здобувачкою отримано експериментальні результати рентгенівської дифракції для серій зразків халькогенідних стекол As₂S₃-Sb₂S₃, проведено аналіз і моделювання спектрів комбінаційного розсіювання світла та проведено розрахунок функцій парного розподілу.

Матеріали наукових конференцій

1. Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Baran J. Raman spectroscopy studies of Ge-As-S chalcogenide glasses. Proceedings of the IEEE International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties, NAP 2017. DOI: 10.1109/NAP.2017.8190387. (SCOPUS, Web of Science Core Collection)

Здобувачкою отримано експериментальні результати, проведено аналіз та моделювання спектрів комбінаційного розсіювання світла для серії зразків Ge-As-S.

2. Revutska L.O., Popovych M.V., Shportko K.V., Stronski A.V., Gudymenko A.Y., Gubanova A.O. Structural properties of Ag-As-S chalcogenide glasses. Proceedings of the IEEE International Conference on Nanomaterials: Applications and Properties, NAP 2018. DOI: 10.1109/NAP.2018.8915246. (SCOPUS, Web of Science Core Collection)

Здобувачкою проведено моделювання спектрів КРС, розраховано функції парного розподілу та проаналізовано спектри ІЧ-спектроскопії для серії зразків халькогенідних стекол As₂S₃ легованих сріблом.

Тези наукових конференцій:

1. Paiuk O., Revutska L., Stronski A., Gudymenko A., Gubanova A., Kryskov Ts. Structural properties of chalcogenide glasses As₂Se₃ doped with manganese. The 8th

International Conference on Materials Science and Condensed Matter Physics, 12–16 September 2016, Chisinau, Moldova, p.153.

2. Paiuk O., *Revutska L.*, Stronski A., Gudymenko A., Senchenko O., Strelchuk V., Oleksenko P., Gubanova A., Kryskov Ts. Structural properties of chalcogenide glasses doped with manganese or silver. VII Ukrainian scientific conference on physics of semiconductors, 26-30 вересня 2016, Дніпро, Україна, с.513-514.

3. *Revutska L.O.*, Paiuk O.P., Stronski A.V., Gudymenko A.Y., Vuichyk M.V., Gubanova A.A., Kryskov Ts.A., Oleksenko P.F. Properties of As_2Se_3 chalcogenide glasses doped manganese. International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science SPO 2016, 27-30 October 2016, Kyiv, Ukraine, p.52-53.

4. *Revutska L.O.*, Shportko K.V., Paiuk O.P., Stronski A.V., Baran J., Gubanova A.O., E.F. Venger. Compositional dependencies in the vibrational properties of GeAsSe chalcogenide glasses studied by Raman spectroscopy. Міжнародна конференція з фізики і технології тонких плівок і наносистем. 15-20 травня 2017, Яремче, Україна, с.88.

5. *Revutska L. O.*, Shportko K. V., Paiuk O. P., Stronski A. V., Baran J., Gubanova A.O. Raman spectroscopy studies of Ge-As-Se chalcogenide glasses in the nanophase separation region. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених НТУУ «КПІ». 25-26 травня 2017, Київ, Україна, с.60-63.

6. *Revutska L.O.*, Shportko K.V., Paiuk O.P., Stronski A.V., Baran J. Nanostructured GeAsSe chalcogenide glasses: Raman spectroscopy studies. International Summer School "Nanotechnology: from fundamental research to innovations". 19-26 August 2017, Mihovo, Ukraine, p.37.

7. *Revutska L.O.*, Paiuk O.P., Stronski A.V., Gudymenko O.Y., Shportko K.V., Gubanova A.O., Kryskov Ts.A., Kidalov V.V. Structure studies of Ag-doped As_2S_3 chalcogenide glasses. International research and practice conference “Nanotechnology and Nanomaterials”. 23-26 August 2017, Chernivtsi, Ukraine, p.263.

8. *Revutska L.O., Paiuk O.P., Stronski A.V., Gudymenko A.Y., Vuichyk M.V., Kryskov Ts.A., Oleksenko P.F., Lahderanta E.* Properties of As_2Se_3 chalcogenide glasses modified by manganese. 12 Міжнародна конференція "Взаимодействие излучений с твердым телом", 19-22 вересня 2017, Мінськ, Білорусь, с.190-192.
9. *Revutska L.O., Paiuk O.P., Stronski A.V., Vuichyk M.V., Gubanova A.O., Oleksenko P.F., Goroneskul V.Yu.* Structural and optical properties of As_2S_3 chalcogenide glasses doped with silver. International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science, 26-29 October 2017, Kyiv, Ukraine, p.116-117.
10. *Paiuk O.P., Meshalkin A., Revutska L., Stronski A., Achimova E., Prisacar A., Triduh G., Abashkin V., Oleksenko P., Korchovyi A.* Surface patterning using As_2S_3 : Mn-Se nanomultilayer structures. International conference on chemistry and chemical education "Sviridov Readings", 10-13 April 2018, Minsk, Belarus, p.40-42.
11. *Meshalkin A., Paiuk O., Revutska L., Achimova E., Stronski A., Prisacar A., Triduh G., Abashkin V., Korchovyi A.* Direct surface-relief gratings recording using Se layers. International conference on chemistry and chemical education "Sviridov Readings", 10-13 April 2018, Minsk, Belarus, p.36-38.
12. *Revutska L., Shportko K., Stronski A., Baran J., Oleksenko P., Venger E.* Raman spectroscopy studies of As-Se-S chalcogenide glasses. International conference on chemistry and chemical education "Sviridov Readings", 10-13 April 2018, Minsk, Belarus, p. 42-44.
13. *Revutska L.O., Popovych M.V., Stronski A.V., Gudymenko A.Y., Kryskov Ts.A.* Structural properties of As_2S_3 chalcogenide glasses doped with silver. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених НТУУ «КПІ», 26-27 квітня 2018, Київ, Україна, с.65-66.
14. *Мешалкин А., Присакар А., Акимова Е., Ревуцкая Л., Паюк А., Стронский А., Корчевой А.* Запись дифракционных решеток на слоях азополимера

полиэпоксипропилкарбазола. «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка», 17-19 травня 2018, Кременчук, Україна, с.51-52.

15. *Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Popovych M.V., Gudymenko A.Y., Baran J.* Ge-As-S chalcogenide glasses: XRD and Raman study. «Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка», 17-19 травня 2018, Кременчук, Україна, с. 53-54.

16. *Revutska L., Shportko K., Stronski A., Baran J., Oleksenko P., Venger E.* X-ray diffraction and Raman study of As-Se-S chalcogenide glasses. “Сенсорна електроніка та мікросистемні технології”, 28 травня – 1 червня 2018, Одеса, Україна, с.91.

17. *Meshalkin A., Paiuk O., Revutska L., Stronski A., Achimova E., Prisacar A., Triduh G., Abashkin V., Oleksenko P., Korchovyi A.* Recording of gratings and digital holograms using $As_2S_3:Mn$ -Se nanomultilayer composite structures. “Сенсорна електроніка та мікросистемні технології”, 28 травня – 1 червня 2018, Одеса, Україна, с.88.

18. *Revutska L.O., Popovych M.V., Shportko K.V., Stronski A.V., Gudymenko A.Y., Paiuk O.P., Kryskov Ts.A.* The effect of the silver doping on the structural properties of As_2S_3 chalcogenide glasses. International school of crystallography, 1-10 June 2018, Erice, Italy, p. 221.

19. *Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Popovych M.V., Gudymenko A.Y., Paiuk O.P., Kryskov Ts.A.* As_2S_3 doped with Mn or Ag: Raman and XRD study. Topical problems of semiconductor physics, 25-28 червня 2018, Трускавець, Україна, p.128-131.

20. *Revutska L.O., Meshalkin A., Popovych M.V., Shportko K.V., Stronski A.V., Achimova E., Korchovyi A., Paiuk O.P., Gudymenko A.Y., Gubanova A.O.* Properties and applications of Ag-As-S chalcogenide glasses. Міжнародна наукова конференція «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах», 20–23 серпня 2018, Мінськ, Білорусь, с.242-247.

21. *Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Baran J., Gudymenko O.Y., Oleksenko P.F., Venger E.F.* Structural properties of As-Se-S and As-S-Sb chalcogenide glasses. International conference «Nanotechnology and nanomaterials» NANO, 27-30 August 2018, Kyiv, Ukraine, p.430.
22. *Revutska L., Shportko K., Stronski A., Baran J., Oleksenko P., Venger E.* Structural properties of amorphous As_2S_3 - Sb_2S_3 chalcogenide alloys studied by Raman spectroscopy and X-ray diffraction. Conference on Solid State Chemistry. 16-21 September 2018, Pardubice, Czech Republic, p.198.
23. *Shportko K., Revutska L., Baran J., Stronski A., and Venger E.* Urbach-Martienssen tails in the IR spectra of amorphous As_xS_y and $(GeTe)_x(Sb_2Te_3)_{1-x}$ alloys. E-MRS 2018 Fall Meeting. 17-20 September 2018, Warsaw, Poland, p. 103.
24. *Revutska L.O., Meshalkin A., Popovych M.V., Shportko K.V., Stronski A.V., Achimova E., Korchovyi A., Paiuk O.P., Gudymenko A.Y., Gubanova A.O.* Ag-As-S chalcogenide glasses: Properties and applications. International Conference on Materials Science and Condensed Matter Physics, 25–28 September 2018, Chisinau, Moldova, p. 291.
25. *Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Popovych M.V., Gudymenko A.Y., Paiuk O.P., Kryskov Ts.A.* As-S doped with Mn, Ag, Ge: Raman and XRD study. Ukrainian scientific conference on physics of semiconductors, 2-4 October 2018, Uzhhorod, Ukraine, p. 453-454.
26. *Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Paiuk O.P., Gubanova A.O., Baran J., Oleksenko P.F., Goroneskul V.Yu.* Structural properties of As_2S_3 chalcogenide glasses doped with silver and antimony. International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science SPO, 25-29 October 2018, Kyiv, Ukraine, p.45-46.
27. *Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Baran J., Gudymenko O.Y., Kidalov V.V., Oleksenko P.F.* Short-range order and nanophase separation in As-S-Sb and As-S-Se chalcogenide glasses. Міжнародна науково-практична конференція

«Elements, devices and systems of electronic technique», 14-16 листопада 2018 р., Запоріжжя, Україна, с.59-60.

Здобувачкою проведено аналіз і моделювання спектрів КРС, розраховано функції парного розподілу серій зразків халькогенідних стекол As-S-Sb, As-Se-S, As-S-Ge, As-Se-Ge, As₂Se₃:Mn, As₂S₃:Ag.

28. Stronski A., Kavetskyu T., Revutska L., Kaban I., Shportko K., Baran J., Trzebiatowska M. Raman spectroscopy and EXAFS studies of structural peculiarities of As₂S₃-As₂Se₃ chalcogenide glasses. Міжнародна Фреїківська конференція з фізики і технології тонких плівок і наносистем, 20-25 травня 2019, Яремче, Україна, с.115.

29. Revutska L., Stronski A., Shportko K., Paiuk O., Gudymenko O., Gubanova A. Influence of Ag, Sb or Ge doping on short-range order of As-S chalcogenide glasses. International Conference on Amorphous and Nanostructured Chalcogenides. 30 June – 4 July 2019, Chisinau, Republic of Moldova, p.38.

30. Revutska L.O., Shportko K.V., Stronski A.V., Paiuk O.P., Gudymenko O.Y., Baran J., Trzebiatowska M., Gubanova A.O. XRD and Raman studies of structural peculiarities of chalcogenide glasses. International conference «Nanotechnology and nanomaterials» (NANO-2019), 26-30 August 2019, Lviv, Ukraine, p.120.

31. Stronski A., Kavetskyu T., Revutska L., Kaban I., Shportko K., Gudymenko O., Baran J., Trzebiatowska M. Structural properties of As₂S₃-As₂Se₃ chalcogenide glasses: Raman, XRD, and EXAFS studies. IEEE International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties, 15-20 September 2019, Odesa, Ukraine. Pt. 1, SSU, p. 01SSAN16-1.

Здобувачкою проведено аналіз і моделювання спектрів КРС, розраховано функції парного розподілу серій зразків халькогенідних стекол As-Se-S.