

УДК 537.226.4

doi: 10.32620/akt.2020.6.06

О. М. ЧУГАЙ¹, О. О. ПОЛУБОЯРОВ¹, С. В. ОЛІЙНИК¹, О. О. ВОЛОШИН¹,
Р. В. ЗАЙЦЕВ², М. В. КІРІЧЕНКО²

¹ Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна

² Національний технічний університет «ХПІ», Україна

МАКРОСКОПІЧНА НЕОДНОРІДНІСТЬ ОПТИЧНИХ, ДІЕЛЕКТРИЧНИХ І ФОТОДІЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРИСТАЛІВ ZnSe

Предметом вивчення в статті є оптичні, діелектричні і фотодіелектричні властивості кристалів ZnSe, які містять макроскопічні неоднорідності структури. *Метою* роботи є дослідження великомасштабних неоднорідностей в кристалах ZnSe, що важливо з огляду на придатність їх застосування у техніці. *Завдання*: в кристалічному злитку ZnSe циліндричної форми у оптичному діапазоні при перпендикулярній до світлового потоку орієнтації осі зразка виявити макроскопічні неоднорідності та встановити їх зв'язок з особливостями діелектричних властивостей локальних областей кристалічного злитка ZnSe; дослідити вплив немонохроматичного світлового потоку на розподіл діелектричних параметрів вздовж осі злитка ZnSe, що містить ділянки макроскопічних неоднорідностей. *Завдання розв'язувались наступними методами*: поляризаційно-оптичним методом фотопружності вивчалась однорідність злитку селеніду цинка; методом фотометрії було досліджено розподіл інтенсивності розсіяного зразком світла перпендикулярно його осі; емнісним методом досліджували діелектричні властивості кристалічного злитку ZnSe. *Отримані такі результати*. У кристалах ZnSe виявлено ділянки трьох типів: ізотропні, слабо анізотропні та анізотропні. Різкі зміни інтенсивності розсіяного світла спостерігаються у області крупномасштабної оптичної анізотропії, а розсіювання світла в цій області відбувається анізотропно. Отримані кутові залежності S і $tg\delta$ при частоті електричного поля 1 кГц для області крупномасштабної оптичної анізотропії. Виміряне змінення діелектричних параметрів під дією немонохроматичного світла вздовж осі зразка. *Висновки*. Встановлено, що для кристалів ZnSe характерні великомасштабні неоднорідності досліджених властивостей. Відзначається тісний зв'язок між оптичними та електрофізичними властивостями, що, вірогідно, обумовлено взаємним впливом двовимірних і точкових дефектів на формування дефектної структури при зростанні і подальшому охолодженні кристала.

Ключові слова: кристали ZnSe; двовимірні дефекти; подвійне променезаломлення; діелектричні властивості; оптичні властивості; фотодіелектричні властивості.

Вступ. Мета роботи

Кристали селеніду цинку ZnSe давно застосовують в різних областях техніки [1, 2]. Причому особливий інтерес представляють великі (розміром сантиметр і більше) кристали, які часто вирощують з розплаву під тиском інертного газу. Зауважимо, що особливості кристалічної будови (точковий клас симетрії [3]), виникнення конвекційних потоків у розплаві, термпружні напруження в кристалічній фазі і інші фактори призводять до утворення у зазначених кристалах великомасштабних неоднорідностей у вигляді скупчень двовимірних дефектів структури (дефектів упаковки, границь двійникування та інших), а також пор. Очевидно, виявлення таких неоднорідностей є невід'ємною складовою контролю придатності

кристалів для тих чи інших технічних застосувань. Тому мета нашої роботи полягає в дослідженні оптичними та електрофізичними методами великомасштабних неоднорідностей у кристалах ZnSe, які були вирощені з розплаву.

1. Зразки та методика експерименту

Досліджували кристали ZnSe, вирощені з розплаву під тиском аргону близько 100 атм. Особливості ростової печі і процесу кристалізації описані у [4]. Зразки мали циліндричну форму. Їх діаметр сягав 40 мм, а довжина 65 мм. Всю поверхню зразків піддали механічному шліфуванню та поліруванню.

Основу вимірювальної установки становило пристосування для переміщення зразка в напрямку його осі з кроком від 0,01 мм. Пристосування

дозволяло створювати електричний контакт зразка з електродами, впливати на зразок монохроматичним світлом і реєструвати світло, розсіяне зразком. Електроємність системи електроди - зразок вимірювали за допомогою приладу LCR-819 (фірма Instek, Тайвань). При виконанні оптичних досліджень застосовували полярископ-поляриметр ПКС-250М (країна-виробник Росія). Для створення пучка світла застосовували галогенну лампу G9 EcoHalo MV Click 42W і конденсор оригінальної конструкції, а для реєстрації світла – фотодіод BPW20RF. Досліди проводили у нормальних умовах.

2. Результати і аналіз

2.1. Оптичні властивості

Завдяки досить широкій забороненій зоні (2,7 eV при 300 K [5]) кристали селеніду цинку прозорі у видимій області спектра, що полегшує дослідження їх оптичних властивостей. На рис. 1 показано зображення зразка ZnSe в паралельному пучку поляризованого світла, що поширюється уздовж осі зразка. На малюнку видно неоднорідне поле подвійного променезаломлення і смуги, які орієнтовані паралельно одна одній.

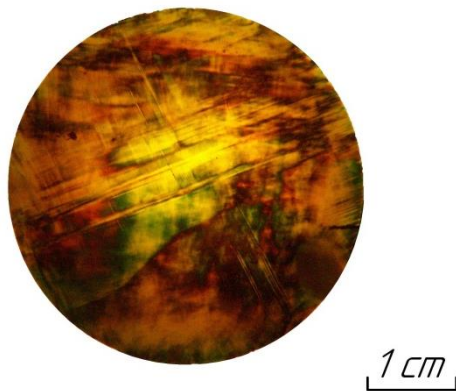


Рис. 1. Типове зображення зразка ZnSe у паралельному пучку поляризованого світла (поляризатор і аналізатор схрещені)

Оскільки досліджені кристали є оптично ізотропними, то подвійне променезаломлення в них має фотопружну природу, тобто обумовлено залишковими механічними напруженнями. Зазначені смуги, певно, належать до двовимірних дефектів структури, виникнення яких є «реакцією» кристала при його охолодженні на перевищення в окремих областях межі міцності термопружними напруженнями. В цьому випадку залишкові механічні напруження і двовимірні дефекти структури пов'язані між собою. Відзначимо, що

складний характер спостережуваної картини поля подвійного променезаломлення обумовлений неоднорідністю поля залишкових напружень в кристалі. Причому на відміну від традиційно розв'язуваної двовимірної задачі фотопружності (див. напр. [6]) в нашому випадку через протяжність зразку істотною роль відіграє неоднорідність поля напружень і в напрямку поширення світла.

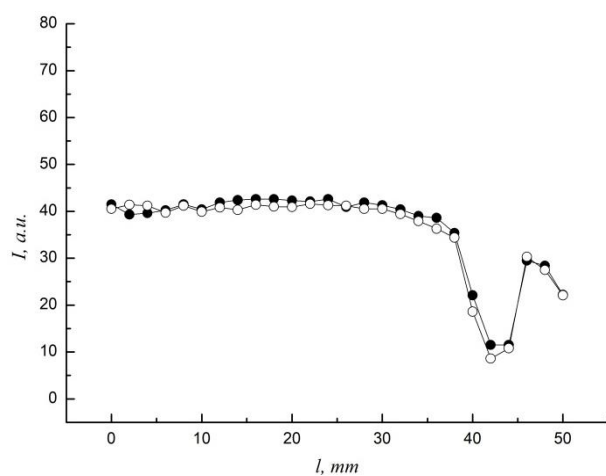
Ще одна проблема аналізу поля залишкових напружень методом фотопружності полягає в блочній структурі досліджуваних кристалів [4]. При цьому, розділені міжблочною межею області мають різну орієнтацію кристалографічних напрямків відносно напрямку поширення світла.

Беручи до уваги ці особливості подвійного променезаломлення в кристалах ZnSe, нами вперше запропоновано досліджувати це явище при перпендикулярній до світлового потоку орієнтації осі зразка циліндричної форми. Причому для виявлення анізотропії двозаломлення при такій геометрії досліду отримують сукупність розподілів подвійного променезаломлення для різних кутів повороту зразка відносно своєї осі. Аналізуючи дану сукупність для досліджених зразків було встановлено, що в злитку ZnSe містяться ділянки трьох типів, які якісно розрізняються між собою оптичною анізотропією. Области I типу практично ізотропні і не породжують двозаломлення при будь-якому куті повороту злитка відносно своєї осі. Области II типу слабо анізотропні, оскільки спостережуване в них подвійне променезаломлення незначно залежить від зазначеного кута. I, нарешті, області III типу анізотропні, оскільки породжене ними подвійне променезаломлення швидко змінюється з кутом. Таким чином, досліджений зразок селеніду цинку містить макроскопічні неоднорідності, які чинять різний вплив на двозаломлення світла.

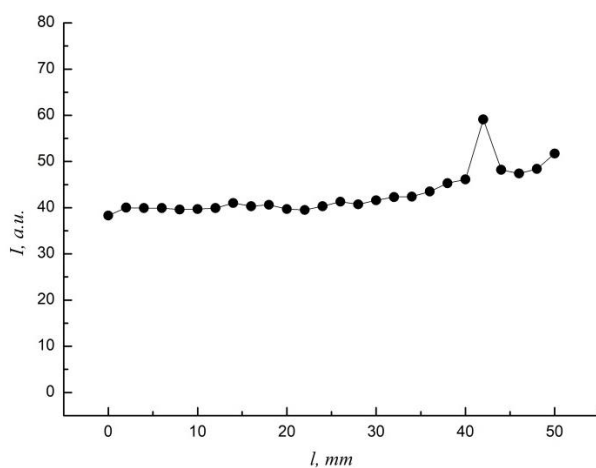
Щоб отримати додаткову інформацію про природу зазначених областей, на тому ж зразку було досліджено розподіл інтенсивності розсіяного світла в залежності від переміщення приймача світла в напрямку осі зразка. Зауважимо, що розсіювання світла в тих чи інших умовах досліду часто застосовується для виявлення крупномасштабних дефектів різної природи в кристалах [7, 8]. У нашому експерименті розсіяне світло породжувалося паралельним пучком монохроматичного світла, який поширювався вздовж осі зразка. Реєстрували компоненту світла, розсіяну перпендикулярно цій осі.

Суттєвою особливістю досліду було і те, що вимірювання інтенсивності розсіяного світла виконували при двох орієнтаціях зразка, які відрізняються між собою поворотом навколо своєї

осі на кут 90° . Отримані дані наведені на рис. 2, з якого видно дві особливості світлорозсіювання у дослідженому зразку ZnSe. Перша полягає в тому, що інтенсивність розсіяного світла нерівномірно змінюється уздовж осі зразка. При цьому різкі зміни спостерігаються у тій самій області (40 – 46 мм) зразка, в якій, як зазначалося вище, була виявлена крупномасштабна область оптичної анізотропії III типу. Причому розсіювання світла в даній області відбувається анізотропно. Це друга особливість світлорозсіювання у дослідженому зразку. Зважаючи на це, можна припустити, що зміна оптичних властивостей у зазначеній області обумовлена двовимірними дефектами структури кристала ростової природи.



а



б

Рис. 2. Залежність інтенсивності світла, розсіяного перпендикулярно осі зразка, від переміщення приймача світла в напрямку осі. Частини а і б відрізняються між собою кутом повороту зразка на 90° навколо своєї осі. Криві частини а отримані при першому і повторному вимірах і ілюструють відтворюваність результатів

2.2. Діелектричні і фотодіелектричні властивості

Добре відомо, що в деяких випадках дефекти структури впливають на широкий спектр фізичних властивостей кристалів, у випадку, наприклад, оптичної і електричної активності цих дефектів. Таку особливість мають двовимірні дефекти, які обумовлюють анізотропію не тільки оптичних, але й електричних властивостей. Тому становить інтерес досліджувати також вплив крупномасштабних неоднорідностей на електричні та фотоелектричні властивості кристала. Зауважимо, що через високий питомий електроопір (10^{12} Ом·см [9]) кристалів ZnSe їх електричні властивості доцільно досліджувати у змінному електричному полі.

Особливий інтерес, на наш погляд, має дослідження анізотропії діелектричних властивостей кристала у області III типу. При виконанні таких досліджень застосовували згадане вище спеціальне пристосування. Вимірювали електроємність C і тангенс кута діелектричних втрат системи електроди – зразок залежно від кута його повороту навколо своєї осі. Отримані кутові залежності C і $\text{tg}\delta$ при частоті електричного поля 1 кГц для області оптичної анізотропії III мають дві особливості. Перша особливість залежностей полягає в тому, що мінімуму тангенса кута діелектричних втрат відповідає максимум електроємності системи електроди – зразок. Це можна пояснити анізотропією лише дійсної частини комплексної діелектричної проникності i , відповідно, C . В результаті, згідно загальновідомого співвідношення

$$\text{tg}\delta = \frac{1}{\omega RC}, \quad (1)$$

в якому ω – циклічна частота і R – електроопір, максимуму електроємності буде відповідати мінімум тангенса кута діелектричних втрат і навпаки. Друга особливість кутових залежностей діелектричних параметрів – це зміщення на приблизно 180° кутових положень зазначених екстремумів для кожного з діелектричних параметрів окремо. Дана особливість досліджених залежностей, певно, обумовлена переважним впливом на діелектричні властивості зразка двовимірних дефектів структури з однаковою кристалографічною орієнтацією.

Оскільки, досліджені кристали ZnSe мають фоточутливість, додаткова інформація про макроскопічні неоднорідності їх властивостей може бути отримана з вимірів фотодіелектричного

ефекту, тобто збільшень дійсної ϵ' і уявної ϵ'' частин ϵ^* зразка. Зауважимо, що з вимірювань спектральних залежностей ϵ' і ϵ'' в режимі сканування довжини хвилі світла можна визначити енергетичне положення локалізованих станів носіїв і приповерхневий електростатичний потенціал кристала [10]. При виконанні таких досліджень застосовували згадуване спеціальне пристосування. Вимірювання виконували при двох орієнтаціях електричного поля, що досягаються поворотом зразка на кут 90° . Відмінність досліду складалася лише в тому, що при переміщенні контактів в напрямку осі зразка вимірювали збільшення C і $\text{tg}\delta$, викликані впливом немонохроматичного світлового потоку, що розповсюджувався в напрямку осі злитка. Отримані в результаті дослідів координатні залежності показані на рис. 3.

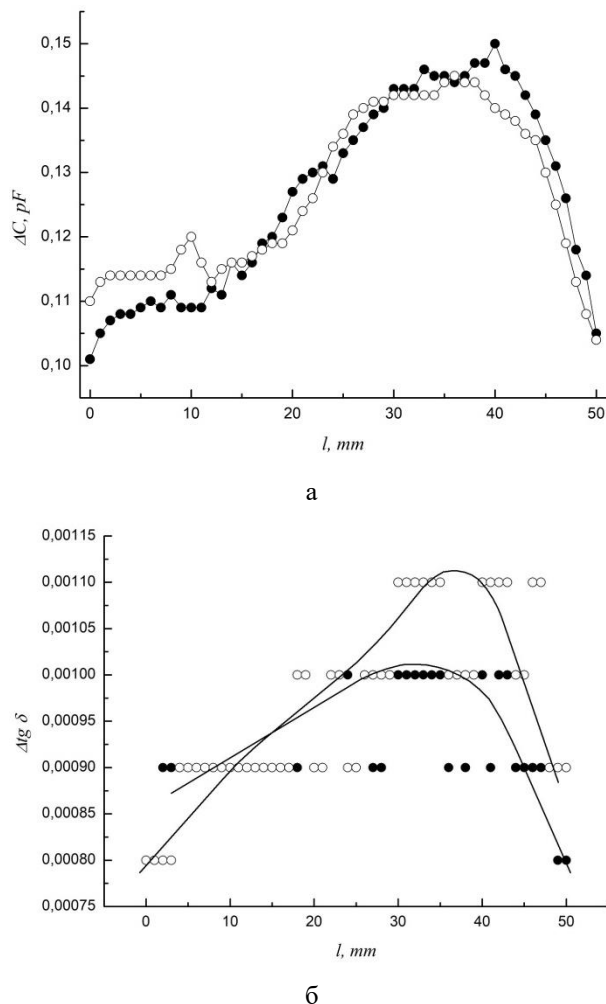


Рис. 3. Координатні залежності змінень електроємності (а) і тангенса кута діелектричних втрат (б) системи електроди – зразок, зумовлені впливом немонохроматичного світлового потоку.
Частота 1 кГц

Як видно, ці залежності якісно подібні для змінень обох діелектричних параметрів і в основному носять монотонний характер. Причому зміна орієнтації електричного поля не чинить помітного впливу на досліджені залежності. Важливо також, що залежності містять максимум, віддалений від краю злитка на таку ж відстань, що і область аномалії подвійного променезаломлення III типу, згадувана вище.

На наш погляд, монотонне змінення природень параметрів C і $\text{tg}\delta$ в напрямку росту кристалу ZnSe визначається зміною системи точкових дефектів внаслідок відхилення складу кристала від стехіометричного при його кристалізації з розплаву [11]. Причому такі зміни в системі точкових дефектів проявляються не тільки в діелектричних властивостях вирощених з розплаву кристалів ZnSe, про що повідомлялося в [12], а і, певно, в збільшеннях обох частин ϵ^* при фотозбудженні. Можна також припустити, що внаслідок досягнення граничної концентрації певних дефектів стимулюється формування двовимірних дефектів структури, що пояснює спостереження максимуму координатних залежностей природень параметрів C і $\text{tg}\delta$ в області локалізації аномалії подвійного променезаломлення.

Висновки

Встановлено, що для досліджених кристалів ZnSe характерні великомасштабні неоднорідності оптичних, діелектричних і фотодіелектричних властивостей. Для виявлення в зразках циліндричної форми неоднорідностей, що породжують подвійне променезаломлення, можна використовувати орієнтацію осі зразка перпендикулярно світлу, фіксуючи зображення зразка в поляризованому світлі за різних кутів повороту зразка відносно своєї осі. Для виявлення неоднорідностей діелектричних і фотодіелектричних властивостей запропоновано застосовувати пристосування, яке забезпечує контакт електродів до діаметрально протилежних точок поверхні зразка, його поворот щодо осі, а також переміщення електродів в напрямку цієї осі. Характеризуючи типові макронеоднорідності властивостей кристалів ZnSe, можна відзначити, що оптичні та електрофізичні неоднорідності тісно пов'язані між собою. Певно, це обумовлено взаємним впливом двовимірних і точкових дефектів на формування дефектної структури при зростанні і подальшому охолодженні кристала.

Література

1. Гавришук, Е. М. Поликристаллический селенид цинка для инфракрасной оптики [Текст] / Е. М. Гавришук // Неорганические материалы. – 2003. – Том 39, № 9. – С. 1031 – 1049.
2. Кульчицкий, Н. А. Селенид цинка в современной опто- и фотоэлектронике (обзор) [Текст] / Н. А. Кульчицкий, А. В. Наумов, В. В. Старцев // Успехи прикладной физики. – 2019. – Том 7, № 4. – С. 374.
3. Шаскольская, М. П. Кристаллография [Текст] / М. П. Шаскольская. – Москва : Высшая школа, 1984. – 376 с.
4. Комарь, В. К. Монокристаллы группы АІВVI. Выращивание, свойства, применение [Текст] / В. К. Комарь, В. М. Пузиков. – Харьков : Институт монокристаллов, 2002. – 244 с.
5. Дегода, В. Я. Особенности люминесценции и электропроводности селенида цинка при фото- и рентгеновском возбуждении [Текст] / В. Я. Дегода, А. А. Софиенко // Физика и техника полупроводников. – 2010. – Том 44, №5. – С. 594 – 600.
6. Kozłowska, B. Two-dimensional experimental elastic-plastic strain and stress analysis [Text] / B. Kozłowska // Journal of theoretical and applied mechanics. – 2013. – Vol. 51, No. 2. – P. 419 – 430.
7. Крупномасштабные электрически активные примесные скопления в кристаллах кремния, выращенных методом Чохральского [Текст] / А. Н. Бузынин, С. Е. Заболотский, В. П. Калинушкин, А. Е. Лукьянов, Т. М. Мурина и др. // Физика и техника полупроводников. – 1990. – Том 24, №2. – С. 264 – 271.
8. Юрьев, В. А. Визуализация крупномасштабных скоплений электрически активных дефектов в монокристаллах фосфида индия и арсенида галлия [Текст] / В. А. Юрьев, В. П. Калимушкин, О. В. Астафьев // Физика и техника полупроводников. – 1995. – Том 29, №3. – С. 455 – 457.
9. Jones, G. The electrical properties of zinc selenide [Text] / G. Jones, J Woods // Journal of Physics D: Applied Physics. – 1976. – Vol. 9, № 5. – P. 799 – 801.
10. Komar, V. K. Investigation of localized states in cadmium zinc telluride crystals by scanning photodielectric spectroscopy [Text] / V. K. Komar, V. P. Migal, O. N. Chugai // Applied Physics Letters. – 2002 – V. 81, Iss. 22. – P. 4195 – 4197.
11. Кулаков, М. Н. О стехиометрии кристаллов селенида цинка, получаемых из расплава [Текст] / М. Н. Кулаков, А. В. Фадеев // Неорганические материалы. – 1981. – Том 17, № 9. – С. 1565 – 1570.
12. Диэлектрические свойства кристаллов селенида цинка, выращенных из расплава [Текст] / В. К. Комарь, В. М. Пузиков, Д. С. Морозов, О. Н. Чугай // Физика твердого тела. – 2010. – Т. 52, №12. – С. 2307 – 2311.

References

1. Havryshchuk, E. M. Polykrystallichesky selenyd tsynka dlya ynfyrakrasnoy optyky [Polycrystalline Zinc Selenide for Infrared Optics]. Neorhanycheskye materyaly, 2003, vol. 39, no. 9, pp. 1031-1049.
2. Kul'chytskyy, N. A., Naumov, A. V., Startsev, V. V. Selenyd tsynka v sovremennoy opto- y fotoelektronyke (obzor) [Zinc selenide in modern opto- and photoelectronics (review)]. Uspekhy prykladnoy fyzyky, 2019, vol. 7, no. 4, pp. 374.
3. Shaskol'skaya, M. P. Krystallohrafiyya [Crystallography]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1984. 376 p.
4. Komar', V. K., Puzykov, V. M. Monokrystally hruppy АІВVI. Vyrashchyvanye, svoystva, prymenenye [Single crystals of the АІВVI group. Growing, properties, application]. Kharkov, Institut monokrystallov Publ., 2002. 244 p.
5. Dehoda, V. Ya., Sofyenko, A. A. Osobennosti lyumynestsentsyy y elektroprovodymosty selenyda tsynka pry foto- y renthenovskom vozbuzhdenyy [Features of luminescence and electrical conductivity of zinc selenide under photo- and X-ray excitation]. Fyzyka y tekhnika poluprovodnykov, 2010, vol. 44, no. 5, pp. 594-600.
6. Kozłowska, B. Two-dimensional experimental elastic-plastic strain and stress analysis. Journal of theoretical and applied mechanics, 2013, vol. 51, no. 2, pp. 419-430.
7. Buzynyn, A. N., Zabolotskyy, S. E., Kalynushkyn, V. P., Luk'yanov, A. E., Muryna, T. M., Osyko, V. V., Ploppa, M. H., Tatyaryntsev, V. M., Eydenzon, A. M. Krupnomashtabnye elektrychesky aktyvnye prymesnye skoplenyya v krystallakh kremnyya, vyrashchennykh metodom Chokhralskiy [Large-scale electrically active impurity clusters in silicon crystals grown by the Czochralski method]. Fyzyka y tekhnika poluprovodnykov, 1990, vol. 24, no. 2, pp. 264-271.
8. Yur'ev, V. A., Kalymushkyn, V. P., Astaf'ev, O. V. Vyzualyzatsyya krupnomashtabnykh skoplenyy elektrychesky aktyvnykh defektov v monokrystallakh fosfyda yndyya y arsenyda hallyya [Visualization of large-scale clusters of electrically active defects in indium phosphide and gallium arsenide single crystals]. Fyzyka y tekhnika poluprovodnykov, 1995, vol. 29, no. 3, pp. 455-457.
9. Jones, G., Woods, J. The electrical properties of zinc selenide. Journal of Physics D: Applied Physics, 1976, vol. 9, no. 5, pp. 799-801.
10. Komar, V. K., Migal, V. P., Chugai, O. N. Investigation of localized states in cadmium zinc telluride crystals by scanning photodielectric spectroscopy. Applied Physics Letters, 2002, vol. 81, no. 22, pp. 4195-4197.
11. Kulakov, M. N., Fadeev, A. V. O stekhyometryy krystallov selenyda tsynka, poluchaemykh yz rasplava [On the stoichiometry of

zinc selenide crystals obtained from the melt]. *Neorhanycheskye materyaly*, 1981, vol. 17, no. 9, pp. 1565-1570.

12. Komar', V. K., Puzykov, V. M., Morozov, D. S., Chuhay, O. N. Dyelektrycheskye svoystva

krystallov selenyda tsynka, vyrashchennykh yz rasplava [Dielectric properties of zinc selenide crystals grown from a melt]. *Fyzyka tverdogo tela*, 2010, vol. 52, no. 12, pp. 2307-2311.

Поступила в редакцию 4.10.2020, рассмотрена на редколлегии 16.11.2020

МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ ZnSe

*О. Н. Чугай, А. А. Полубояров, С. В. Олейник,
А. А. Волошин, Р. В. Зайцев, М. В. Кириченко*

Предметом изучения в статье являются оптические, диэлектрические и фотодиэлектрические свойства кристаллов ZnSe, содержащих макроскопические неоднородности структуры. **Целью** работы является исследование крупномасштабных неоднородностей в кристаллах ZnSe, что важно для определения пригодности применения их в технике. **Задачи:** в кристаллическом слитке ZnSe цилиндрической формы в оптическом диапазоне при перпендикулярной световому потоку ориентации оси образца выявить макроскопические неоднородности и установить их связь с особенностями диэлектрических свойств локальных областей кристаллического слитка ZnSe; исследовать влияние некогерентного светового потока на распределение диэлектрических параметров вдоль оси слитка ZnSe, содержащего области макроскопических неоднородностей. Задачи решались следующими **методами:** поляризационно-оптическим методом фотоупругости изучалась однородность слитка селенида цинка; методом фотометрии было исследовано распределение интенсивности рассеянного образца света перпендикулярно его оси; емкостным методом исследовали диэлектрические свойства кристаллического слитка ZnSe. Получены следующие **результаты.** В кристаллах ZnSe обнаружены участки трех типов: изотропные, слабо анизотропные и анизотропные. Резкие изменения интенсивности рассеянного света наблюдаются в области крупномасштабной оптической неоднородности, а рассеяние света в этой области происходит анизотропно. Получены угловые зависимости C и $\text{tg}\delta$ при частоте электрического поля 1 кГц для области крупномасштабной оптической анизотропии. Измерены изменения диэлектрических параметров под действием некогерентного света вдоль оси образца. **Выводы.** Установлено, что для кристаллов ZnSe характерны крупномасштабные неоднородности исследованных свойств. Отмечается тесная связь между оптическими и электрофизическими свойствами, что, вероятно, обусловлено взаимным влиянием двумерных и точечных дефектов на формирование дефектной структуры при росте и дальнейшем охлаждении кристалла.

Ключевые слова: кристаллы ZnSe; двумерные дефекты; двойное лучепреломление; диэлектрические свойства; оптические свойства; фотодиэлектрические свойства.

MACROSCOPIC INHOMOGENEITIES OF OPTICAL, DIELECTRIC, AND PHOTODIELECTRIC PROPERTIES OF ZnSe CRYSTALS

O. Chugai, S. Olynik, O. Poluboiarov, O. Voloshin, R. Zaitsev, M. Kirichenko

The **subject matter** of study in the article is the optical, dielectric and photodielectric properties of ZnSe crystals containing macroscopic structural inhomogeneities. The **goal** of this work is to study large-scale inhomogeneities in ZnSe crystals, which is important for determining the suitability of their application in technology. The **tasks** to be solved are: in a crystalline ZnSe ingot of cylindrical shape in the optical range at perpendicular to the light flux orientation of the sample axis to detect macroscopic inhomogeneities and establish their relationship with the features of the dielectric properties of the local regions of the ZnSe ingot; to investigate the influence of nonmonochromatic light flux on the distribution of dielectric parameters along the axis of the ZnSe ingot containing areas of macroscopic inhomogeneities. The problems were solved by the following **methods:** the homogeneity of the zinc selenide ingot was studied by the polarization-optical photoelasticity method; the photometry method was used to study the intensity distribution of the light scattered by the sample perpendicular to its axis; the dielectric properties of a crystalline ZnSe ingot were investigated by the capacitive method. The following **results** were obtained. In ZnSe crystals regions of three types were found: isotropic, weakly anisotropic, and anisotropic. Sharp changes in the intensity of scattered light are observed in the region of large-scale optical inhomogeneity, and light scattering in this region occurs anisotropically. The angular dependences of C and $\text{tg}\delta$ at an electric field frequency of 1 kHz are obtained for the region of large-scale optical anisotropy. The changes in dielectric parameters under the action of nonmonochromatic light along the sample axis are measured. **Conclusions.** It was found that ZnSe crystals are characterized by large-scale inhomogeneities

of the investigated properties. A close relationship is noted between the optical and electrophysical properties, which is probably due to the mutual influence of two-dimensional and point defects on the formation of a defect structure during the growth and further cooling of the crystal.

Keywords: ZnSe crystals; two-dimensional defects; birefringence; dielectric properties; optical properties; photodielectric properties.

Чугай Олег Миколайович – д-р техн. наук, професор, професор каф. 505, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Полубояров Олексій Олександрович – канд. техн. наук, асистент каф. 505, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Олійник Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доц. каф. 505, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Волошин Олексій Олександрович – молодший науковий співробітник лабораторії електронної мікроскопії центру колективного користування науковим обладнанням, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Зайцев Роман Валентинович – д-р техн. наук, доцент, завідувач кафедри фізичного матеріалознавства для електроніки та геліоенергетики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна.

Кіріченко Михайло Валерійович – канд. техн. наук, наук. співроб. каф. фізичного матеріалознавства для електроніки та геліоенергетики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна.

Oleg Chugai – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor at the Department of 505, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine,

e-mail: chugai@xai.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2857-6592, Scopus Author ID: 6602397105.

Oleksii Poluboiarov – PhD, Assistant at the Department of 505, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine,

e-mail: o.poluboiarov@khai.edu, ORCID: 0000-0002-8587-8669.

Sergiy Oliynik – PhD, Associate Professor of Department of 505, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine,

e-mail: oleynick1981@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6073-8531, Scopus Author ID: 8404643500.

Oleksii Voloshin – Research Assistant at the electron microscopy laboratory of the center for collective use of scientific equipment, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine,

e-mail: alexvoloshin@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-4073-4108.

Roman Zaitsev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department Chair at the Department of Materials for Electronics and Solar Cells, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: kaf.fmeg@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2286-8452.

Mykhailo Kirichenko – PhD, Research Officer at the Department of Materials for Electronics and Solar Cells, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID Author ID: 0000-0002-4847-506X.