

СТРУКТУРНІ МОДИФІКАЦІЇ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА НЕЛІНІЙНУ ОПТИКУ СТЕКОЛ $\text{GeS}_2\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Er}_2\text{S}_3$

Кириченко Максим¹, Мирончук Галина², Piasecki Michal³

¹Навчально-науковий фізико-технологічний інститут, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025, Kyrychenko.Maksym@ynu.edu.ua

²Навчально-науковий фізико-технологічний інститут, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025, Myronchuk.Halyna@ynu.edu.ua

³Faculty of Science and Technology, Jan Długosz University, Armii Krajowej 13/15, PL-42200 Czestochowa, Poland

Халькогенідні стекла, леговані іонами рідкісноземельних елементів, завдяки високому коефіцієнту пропускання в ближньому та середньому інфрачервоному діапазоні, становлять важливий клас аморфних матеріалів, що розглядаються як перспективні для застосування в інфрачервоній оптиці. Однією з ключових переваг цих матеріалів є можливість тонкого налаштування оптичних характеристик шляхом варіювання їх хімічного складу [1].

Метою роботи є визначення наявності генерації другої та третьої гармоніки стекло систем $\text{GeS}_2\text{-As}_2\text{S}_3\text{-Er}_2\text{S}_3$, а також оцінка впливу кожного з компонентів сполуки (GeS_2 , As_2S_3 , Er_2S_3) на інтенсивність нелінійних оптичних процесів.

Для дослідження процесів генерації другої (SHG) та третьої (THG) гармонік було застосовано метод Курца–Пері з використанням наносекундного імпульсного лазера на кристалі Nd:YAG з довжиною хвилі 1064 нм. Для реєстрації випромінювання другої гармоніки використовували інтерференційний фільтр з пропускну здатністю на довжині хвилі 532 нм. У випадку генерації третьої гармоніки застосовувався інтерференційний фільтр, налаштований на довжину хвилі 355 нм.

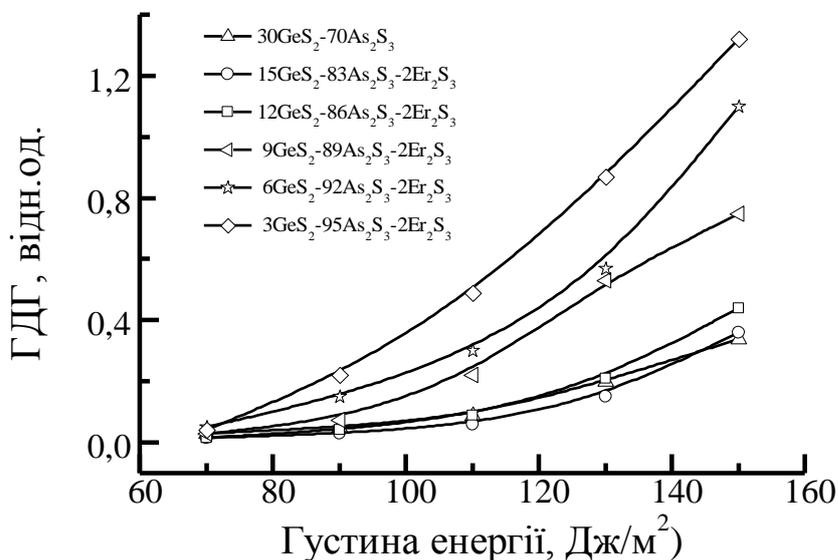


Рис. 1. Залежність інтенсивності генерації другої гармоніки від густини енергії фундаментального лазерного променя

Для дослідження SHG просторова нецентросиметричність заряду створювалася шляхом обробки двома просторово когерентними лазерними променями – фундаментальної та подвоєної частоти, що сприяло поляризації середовища [2, 3]. Згідно з отриманими експериментальними даними, інтенсивність генерації SHG у досліджуваних стеклах зростає зі зменшенням ширини забороненої зони. Найвищу

Section 1. Fundamental problems of physics, chemistry and ecology

інтенсивність SHG зафіксовано у складі $3\text{GeS}_2-95\text{As}_2\text{S}_3-2\text{Er}_2\text{S}_3$ ($E_g = 2,3$ eВ). Натомість у зразку без додавання Er_2S_3 інтенсивність SHG не перевищувала 0,34 за аналогічних умов. Це свідчить про суттєвий вплив іонів Er^{3+} на формування умовної нецентросиметричності в матеріалі під дією когерентного лазерного опромінення. У всіх зразках при зниженні густини енергії до 70 Дж/м^2 спостерігалось різке падіння інтенсивності SHG. Зокрема, для скла з $E_g = 2,38$ eВ ($6\text{GeS}_2-92\text{As}_2\text{S}_3-2\text{Er}_2\text{S}_3$) інтенсивність зменшилася з 1,1 до 0,05 відносних одиниць, що більш ніж у 20 разів менше, і свідчить про високий поріг індукованої нелінійності.

Спостережене зростання інтенсивності SHG зі зменшенням ширини забороненої зони узгоджується з уявленням про підвищену поляризованість середовища, внаслідок легування Er_2S_3 . Іони Er^{3+} відіграють роль у формуванні дефектних станів, що виконують роль центрів локальної поляризації під впливом зовнішнього поля, сприяючи виникненню макроскопічної нецентросиметричності, необхідної для реалізації SHG-процесу.

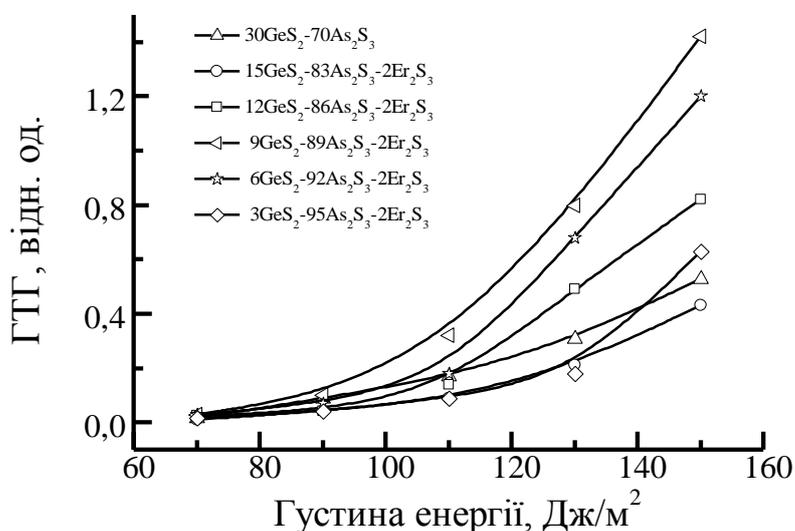


Рис. 2. Залежність інтенсивності генерації третьої гармоніки від густини енергії фундаментального лазерного променя

Генерація третьої гармоніки була досліджена без попереднього опромінення, тобто без структурних змін у матеріалі. У випадку THG центросиметрія не є обмеженням, що дозволяє спостерігати генерацію у всіх досліджених зразках. Найвищу інтенсивність THG було зафіксовано для складу $9\text{GeS}_2-89\text{As}_2\text{S}_3-2\text{Er}_2\text{S}_3$. У процесі генерації третьої гармоніки основну роль відіграє загальна структура матеріалу, тобто координація атомів, ступінь сітчастості, а також наявність електронно-нелінійно-активних зв'язків, таких як As-S або Ge-S.

Отримані результати підтверджують можливість налаштування оптичних і нелінійно-оптичних характеристик халькогенідних стекел через зміну співвідношення компонентів $\text{GeS}_2/\text{As}_2\text{S}_3/\text{Er}_2\text{S}_3$. Це створює нові можливості для їх застосування в якості функціональних матеріалів у інфрачервоній оптиці, зокрема в лазерних системах та нелінійній спектроскопії.

Література:

[1] Різак В. М., Різак І. М., Семак Д. Г. Функціональні халькогенідні напівпровідники: Монографія. Ужгород: Закарпаття. 2001. 152 с.
 [2] T. J. Driscoll, N. M. Lawandy Optically encoded second-harmonic generation in bulk silica-based glasses. *Journal of the Optical Society of America B*. 1994. Vol. 11. P. 355–371.
 [3] I. V. Kityk, A. Majchrowski. Second-order non-linear optical effects in BiB_3O_6 glass fibers. *Optical Materials*. 2004. Vol. 25. P. 33–37.