

## ЕЛЕКТРОН-ФОТОННА ЕМІСІЯ $As_2S_3$

**М.І. Лінтур, М.В. Приходько, Л.М. Маркович, С.С. Поп**

Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54  
e-mail: problemlab@gmail.com

Методом електрон-фотонної спектроскопії досліджено взаємодію електронів середніх енергій з поверхнею плівок  $As_2S_3$ . Пояснено виявлені особливості в отриманих спектрах. Обчислено абсолютний вихід фотонів з поверхні плівок  $As_2S_3$ , напорошених на поверхню кремнію та скла марки К-8, при бомбардуванні електронами з енергією 450 еВ в діапазоні довжин хвиль 200-800 нм, який становить відповідно  $N_1=7,57 \cdot 10^{-4}$  фот./нм·ел. і  $N_2=1,75 \cdot 10^{-3}$  фот./нм·ел.

Висока прозорість в інфрачервоній області спектру, ефекти перемикавання та індукованих змін стали основою застосування халькогенідних склоподібних напівпровідників (ХСН) в голографії, електроніці, оптичному записі. Неабиякий інтерес викликає можливість використання плівок ХСН для термічного відображення інформації, квантового зчитування тощо.

Нами досліджено плівки  $As_2S_3$  напорошені на кремній і скло марки К-8 методом електрон-фотонної спектроскопії. Вибір цих зразків зумовлений тим, що на відміну від оптичних методів дослідження [1, 2], взаємодія електронів з поверхнею плівок  $As_2S_3$  майже не вивчалась.

Дослідження взаємодії електронів з поверхнею  $As_2S_3$ , напорошеного на скляну і кремнієву підкладку, проводилось на „Надвисоковакуумному електрон-фотонному спектрометрі” в діапазоні довжин хвиль 200-800 нм [3], де  $As_2S_3$  опромінювався електронами з енергією  $E_n=450$  еВ, під кутом  $\alpha=15^\circ$  відносно нормалі до поверхні. Кінцевий тиск атмосферних газів в робочій камері становив  $P \sim 10^{-9}$  Тор, а електронний струм на мішені  $I_{ел.}=2,15-2,5$  мкА.

Спектри електрон-фотонної емісії (ЕФЕ) з поверхні плівки  $As_2S_3$ , напорошеної на скло і кремній представлені на рис.1 і 2.

В спектрограмах плівок  $As_2S_3$ , спостерігаємо неперервне випромінювання

в широкому діапазоні довжин хвиль з двома чітко вираженими максимумами близько  $\lambda_1=320-350$  і  $\lambda_2=500$  нм. Неперервне випромінювання з максимумом близько  $\lambda_1=350$  нм, вважаємо, відповідає електронним міжзонним переходам, а випромінювання з максимумом близько  $\lambda_2=500$  нм – пов'язуємо з збудженням електронним пучком „дефектних” кластерів, а саме  $AsS_3$ ,  $As_4S_4$  та  $As_2S_5$ , які характерні, не тільки для плівок, а навіть, для масивного аморфного зразка  $As_2S_3$  [4, 5]. Також, вважаємо, що суттєвий вклад в спектрограму свічення плівок  $As_2S_3$  робить поверхня, на яку напорошений даний об'єкт. На це вказують відмінності в спектрограмах ЕФЕ плівок  $As_2S_3$ , а саме зміщення максимуму неперервного випромінювання ( $\lambda=320$  нм), для  $As_2S_3$ , напорошеного на кремнієву підкладку, в короткохвильову область довжин хвиль по відношенню до  $As_2S_3$  напорошеного на скляну підкладку. На користь цієї гіпотези свідчить також наявність в спектрі плівки  $As_2S_3$  на кремнію особливості при довжині хвилі  $\lambda=280$  нм, яка відповідає максимуму неперервного випромінювання для поверхні кремнію (рис. 3). Імовірно, максимум при  $\lambda=420$  нм, в спектрі свічення плівки  $As_2S_3$  напорошеної на скло, відповідає особливості, яка характерна для спектрограми скла марки К-8.

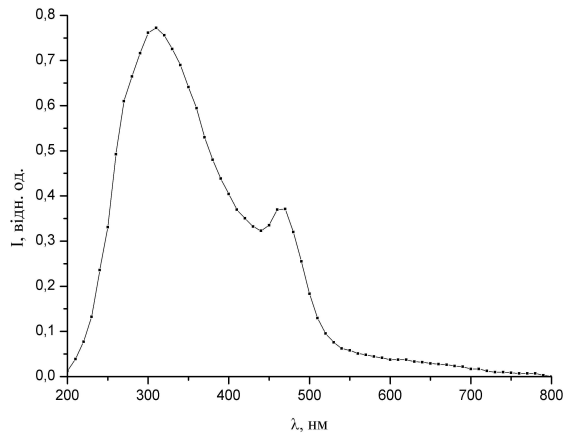


Рис. 1. Електрон-фотонна емісія плівки  $As_2S_3$  напорошеної на скляну підкладку.

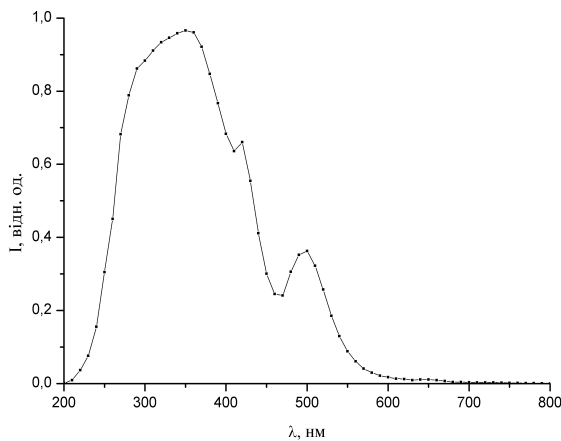


Рис. 2. Електрон-фотонна емісія плівки  $As_2S_3$  напорошеної на кремнієву підкладку.

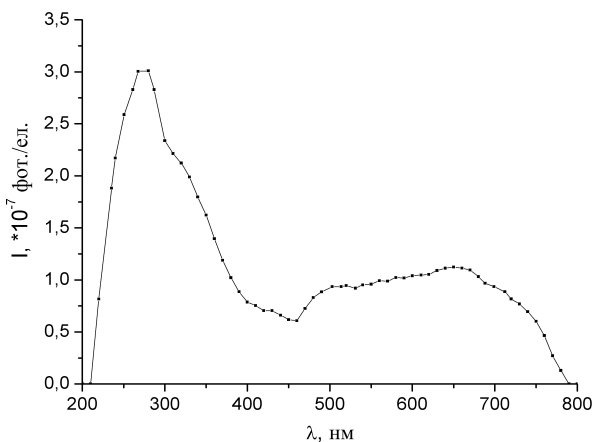


Рис. 3. Електрон-фотонна емісія кремнію.

Для визначення абсолютного виходу фотонів з досліджуваної поверхні при

взаємодії з електронами необхідно привести отримані спектрограми на криву чутливості системи реєстрації „Надвисоковакуумного електрон-фотонного спектрометра”. Оскільки в монохроматорі МДР-12 [3] в діапазоні довжин хвиль від 200 до 800 нм використовуються дві дифракційні ґратки, тому і крива чутливості складається з двох кривих. Для ґратки №1, яка використовується, під час експериментів в діапазоні 200-500 нм і ґратки №2, яка використовується в діапазоні 400-1000 нм (рис. 3).

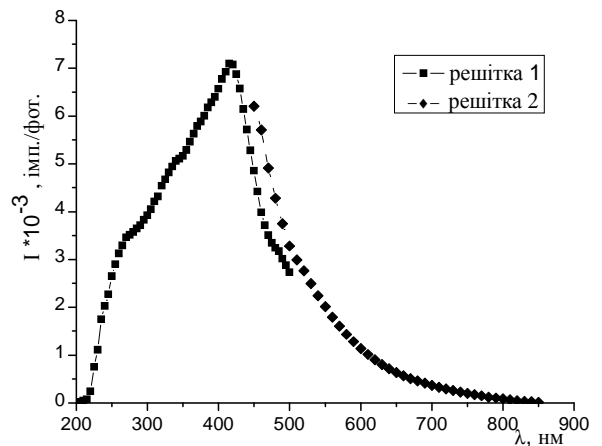


Рис. 4. Крива чутливості системи реєстрації.

Формула по якій обчислюється абсолютний вихід фотонів з поверхні на даній довжині хвилі [6, 7]:

$$N \left[ \frac{\text{Фот}}{c \cdot \text{нм}} \right] = \frac{I_{\text{експ.}} \cdot S \cdot 2\pi}{\beta(\lambda) \cdot S_{\text{експ.}} \cdot I_{\text{ел.}} \cdot \Omega \cdot D \cdot \Delta l_{\text{експ.}}} \quad (1)$$

де  $I_{\text{експ.}}(\lambda)$  – інтенсивність свічення в відносних одиницях на даній довжині;

$\beta(\lambda)$  – чутливість системи реєстрації на даній довжині;

$S$  – площа взаємодії пучка електронів з поверхнею досліджуваного зразка;

$S_{\text{експ.}}$  – площа, з якої спостерігаємо свічення поверхні досліджуваного зразка;

$I_{\text{ел.}}$  – сила струму електронного пучка;

$\Omega$  – тілесний кут спостереження;

$D$  – обернена лінійна дисперсія монохроматора МДР-12;

$\Delta l_{\text{експ.}}$  – ширина вхідної щілини монохроматора.

Обчислені по формулі (1) з кроком 10 нм дані в абсолютних одиницях з спектрограм ЕФЕ  $As_2S_3$ , який напорошено на кремнієву і скляну підкладки представлено на рис. 5, 6.

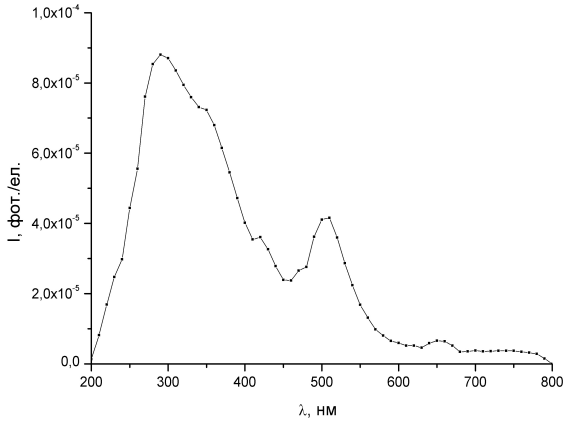


Рис. 5. Електрон-фотонна емісія плівки  $As_2S_3$  напорошеної на скляну підкладку з урахуванням чутливості системи реєстрації.

Порівнюючи рис. 1, 2 з рис. 5, 6 спостерігаємо зсув максимуму не перервного випромінювання, який знаходився при довжині хвилі  $\lambda=320-350$  нм, в короткохвильову область до  $\lambda=300$  нм. Це пояснюється тим, що в області довжин хвиль 350-450 нм, знаходиться максимум кривої чутливості системи реєстрації (рис. 4). Також, порівнюючи рис. 5 та 6, видно, що інтенсивність випромінювання  $I$  з поверхні  $As_2S_3$  напорошеного на скляну підкладку майже в три рази більша ніж з поверхні плівки  $As_2S_3$  напорошеної на кремній. Це пов'язуємо з тим, що вклад в спектр свічення  $As_2S_3$  скляної підкладки набагато більший ніж кремнієвої.

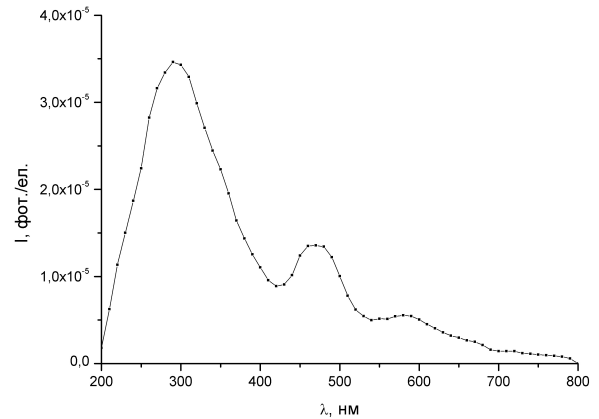


Рис. 6. Електрон-фотонна емісія плівки  $As_2S_3$  напорошеної на кремнієву підкладку з урахуванням чутливості системи реєстрації.

Використавши значення представлені на рис. 5, 6 ми обчислили сумарний абсолютний вихід фотонів на один падаючий електрон при взаємодії електронів середніх енергій з поверхнею плівки  $As_2S_3$ , напорошеної на скло марки К-8 ( $N_1$ ) і кремній високої чистоти ( $N_2$ ), в діапазоні довжин хвиль 200-800 нм:

$$N_1 = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ фот./нм}\cdot\text{ел.}$$

$$N_2 = 7,57 \cdot 10^{-4} \text{ фот./нм}\cdot\text{ел.}$$

Таким чином, в даній роботі отримано спектри свічення поверхні плівок  $As_2S_3$  напорошених на кремній та скло марки К-8, визначено місце локалізації і природу неперервного випромінювання з максимумами близько  $\lambda_1=300$  і  $\lambda_2=500$  нм. Представлено спектрограми випромінювання плівок  $As_2S_3$  з урахуванням кривої чутливості системи реєстрації та визначено абсолютний вихід фотонів в діапазоні довжин хвиль 200-800 нм.

## Література

1. Street R.A. Temperature and field dependence of the optical absorption edge in amorphous  $As_2S_3$  / R.A. Street, T.M. Searle, I.G. Austin, R.S. Sussmann // J. Phys. C: Solid State Phys. – 1974. – Vol. 7, № 8. – P. 1582-1594.
2. Zallen R. Electronic Structure of Crystalline and Amorphous  $As_2S_3$  and  $As_2Se_3$  / R. Zallen, R. E. Drews, R. L. Emerald, M. L. Slade // Phys. Rev. Lett. – 1971. – Vol.26. – P. 1564-1567.
3. Лінтур М.І. Надвисоковакуумний електрон-фотонний спектрометр / М.І. Лінтур, Л.М. Маркович, В.О. Мастюгін, М.В. Приходько, І.С. Шароді // Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія Фізика. – 2001. – №10. – С. 191-194.

4. Tanaka K. The charged defect exists / K. Tanaka // J. Optoelect. Adv. Mater. – 2001. – Vol. 3, №2. – P. 189-198.
5. Голомб Р.М. Коливні спектри стекол  $As(Ge)_xS_{100-x}$  при варіації енергії збуджуючих фотонів та першо-  
принципні розрахунки властивостей кластерів  $As(Ge)_nS_m$ : дис. ... канд. фіз.-мат. наук: 01.04.10 / Голомб Роман Михайлович. – У., 2007. – 168 с.

## **ELECTRON-PHOTON EMISSION OF $As_2S_3$**

**M.I. Lintur, M.V. Prikhodko, L.M. Markovich, S.S. Pop**

Uzhhorod National University, 88000 Uzhhorod, Voloshina St. 54  
e-mail: problemlab@gmail.com

By the method of electron-photon spectroscopy was investigated interaction medium energy electrons with surface  $As_2S_3$  films. The revealed features in the received spectra are explained. The absolute output of photons from a surface of  $As_2S_3$  films, deposited on surface of silicon and K-8 glass, at bombardment by electrons with energy 450 eV in a range of wave-length 200-800 nanometers which makes  $N_1 = 7,57 \cdot 10^{-4}$  phot./nm-el. and  $N_2 = 1,75 \cdot 10^{-3}$  phot./nm-el. is calculated.

## **ЭЛЕКТРОННО-ФОТОННАЯ ЭМИССИЯ $As_2S_3$**

**М.И. Линтур, М.В. Приходько, Л.М. Маркович, С.С. Поп**

Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Волошина, 54  
e-mail: problemlab@gmail.com

Методом электронно-фотонной спектроскопии исследовано взаимодействие электронов средних энергий с поверхностью пленок  $As_2S_3$ . Объяснены выявленные особенности в полученных спектрах. Рассчитано значение абсолютного выхода фотонов с поверхности пленок  $As_2S_3$ , напыленных на поверхность кремния и стекла марки К-8, при бомбардировке электронами с энергией 450 эВ в диапазоне длин волн 200-800 нм, которое составляет соответственно  $N_1 = 7,57 \cdot 10^{-4}$  фот./нм·эл. и  $N_2 = 1,75 \cdot 10^{-3}$  фот./нм·эл.