

УДК: 537.533

М.І. Лінтур, М.В. Приходько, Л.М. Маркович,

І.Є. Митропольський, С.С. Поп

ДВНЗ „Ужгородський національний університет”, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54

e-mail: mlintur@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР Se/As₂S₃, Te/As₂S₃ ТА Bi/As₂S₃ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОН-ФОТОННОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Отримано кількісні дані про спектральний склад та інтенсивність випромінювання в діапазоні 200-800 нм при бомбардуванні електронами з енергією $E_n=450$ еВ багатошарових плівок Se/As₂S₃, Te/As₂S₃ і Bi/As₂S₃. Встановлено природу випромінювачів основних компонент, які виявлено в досліджених спектрах, а також місце локалізації спостережуваного свічення. Важливим результатом роботи є визначення абсолютного виходу фотонів з поверхні досліджуваних зразків, які становлять, відповідно, $N_1=1,8 \cdot 10^{-3}$ фот./ел., $N_2=8,8 \cdot 10^{-4}$ фот./ел. та $N_3=1,3 \cdot 10^{-3}$ фот./ел.

Ключові слова: електрон-фотонна спектроскопія, фотон, електрон, бомбардування, емісія.

Логіка сучасного етапу розвитку фізики полягає в тому, що основними об'єктами досліджень, у все більшій мірі, стають не монокристали, не окремі плівки, а складні наноструктуровані матеріали. 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 багатошарових плівок на базі ХСН, а саме Se/As₂S₃, Te/As₂S₃ та Bi/As₂S₃ в якості середовищ для розробки систем нічного бачення, термічного відображення інформації, квантового зчитування тощо.

Нами було досліджено наногетероструктури Se/As₂S₃, Te/As₂S₃ і Bi/As₂S₃, методом електрон-фотонної спектроскопії (ЕФС). Вибір цих зразків зумовлений тим, що на відміну від оптичних методів дослідження [1, 2], взаємодія електронів з поверхнею ХСН майже не вивчалась.

Плівки виготовлялись на установках ВУП-4 та УВН-71ПЗ термічним випаруванням стекол з танталового випарувача. Швидкість конденсації складала в середньому 4–8 нм/с для As₂S₃, Se і Te та 0,8-1,7 нм/с для Bi при вакуумі $6 \cdot 10^{-3}$ Па. В

якості підкладок використовувалися спеціальні стекла (типу К-8), а для As₂S₃ і кремній високої чистоти. Визначення загальної товщини структур проводилося з застосуванням інтерференційних методів контролю світлом з видимого діапазону спектру, яка складала 1-2 мкм. Кількість шарів Se/As₂S₃, Te/As₂S₃ і Bi/As₂S₃ складає по 100, відповідно, для кожної компоненти.

Дослідження взаємодії електронів з поверхнями плівок Se/As₂S₃, Te/As₂S₃ та Bi/As₂S₃ проводилось на „Надвисоковакуумному електрон-фотонному спектрометрі” в діапазоні довжин хвиль 200-800 нм [3], де досліджувані зразки опромінювались 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 $I_{ел.}=1,85-2$ мкА.

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 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. 1).

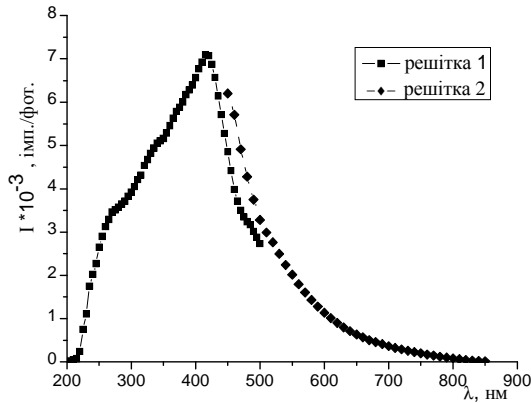


Рис. 1. Крива чутливості системи реєстрації.

Формула по якій обчислюється абсолютний вихід фотонів з поверхні на даній довжині хвилі [4, 5]:

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

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;

Ω – тілесний кут спостереження;

D – обернена лінійна дисперсія монохроматора МДР-12;

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

Спектри свічення поверхні багаточарових плівок $\text{Se}/\text{As}_2\text{S}_3$, $\text{Te}/\text{As}_2\text{S}_3$ та $\text{Vi}/\text{As}_2\text{S}_3$ приведені на криву чутливості системи реєстрації в абсолютних одиницях, які отримано за формулою (1) представлені на рис. 2-4.

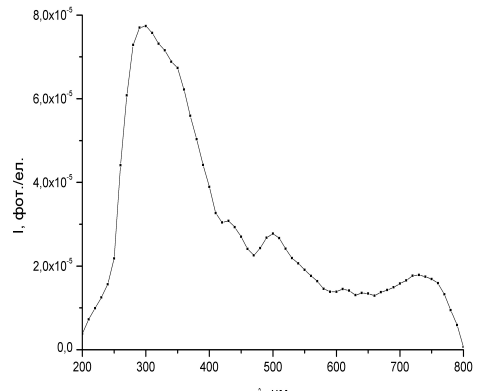


Рис. 2. Електрон-фотонна емісія багаточарової плівки $\text{Se}/\text{As}_2\text{S}_3$ з урахуванням чутливості системи реєстрації.

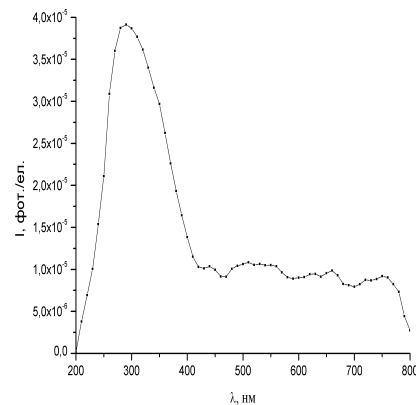


Рис. 3. Електрон-фотонна емісія багаточарової плівки $\text{Te}/\text{As}_2\text{S}_3$ з урахуванням чутливості системи реєстрації.

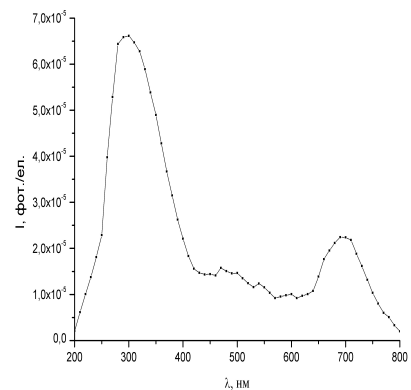


Рис. 4. Електрон-фотонна емісія багаточарової плівки $\text{Vi}/\text{As}_2\text{S}_3$ з урахуванням чутливості системи реєстрації.

У всіх спектрах спостерігаємо неперервне випромінювання в широкому діапазоні довжин хвиль з максимумами близько $\lambda_1=300$ нм і $\lambda_2=750$ нм, а у випадку $\text{Se}/\text{As}_2\text{S}_3$ – пік свічення при $\lambda_3=500$ нм.

Неперервне випромінювання з максимумом при $\lambda_1=300$ нм, яке спостерігається у всіх досліджуваних випадках, має одну природу. Його за механізмом пов'язуємо з електронними міжзонними переходами в плівках As_2S_3 . Спектральна особливість при довжині хвилі $\lambda_3=500$ нм теж характерна для плівки As_2S_3 [5] і відповідає випромінюванню „дефектних” кластерів AsS_3 , As_4S_4 та As_2S_5 , які збуджуються бомбардуючими електронами. Неперервне випромінювання з максимумом близько $\lambda_2=750$ нм, на нашу думку викликає свічення дефектів, які виникають на границі між двома шарами (Se і As_2S_3 , Te і As_2S_3 , Bi та

As_2S_3), через їх перемішування під дією пучка електронів [6, 7].

Використавши значення, які представлені на рис. 2-4, ми обчислили абсолютний сумарний вихід фотонів з поверхні багатошарових плівок Se/As_2S_3 , Te/As_2S_3 та Bi/As_2S_3 на один падаючий електрон в діапазоні довжин хвиль від 200 до 800 нм, який склав, відповідно:

$$N_1 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ фот./ел.}$$

$$N_2 = 8,8 \cdot 10^{-4} \text{ фот./ел.}$$

$$N_3 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ фот./ел.}$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Street R.A., Searle T.M., Austin I.G., Sussmann R.S., J. Phys. C: Solid State Phys. Vol.7, №8 (1974).
2. Zallen R., Drews R.E., Emerald R.L. and Slade M.L., Phys. Rev. Lett. Vol. 26 (1971).
3. Лінтур М.І., Маркович Л.М., Мاستюгін В.О., Приходько М.В., Шароді І.С. Надвисоковакуумний електрон-фотонний спектрометр // Науковий вісник УжНУ. Серія Фізика. Випуск 10. – 2001. – С. 191-194.
4. Лінтур М.І., Приходько М.В., Маркович Л.М., Дашенко А.Й., Поп С.С. Спектральний склад випромінювання поверхні кремнію при бомбардуванні іонами і електронами середніх енергій // Науковий вісник УжНУ. Серія Фізика. Випуск 20. – 2007. – С. 150-153.
5. Лінтур М.І., Приходько М.В., Маркович Л.М., Поп С.С. Електрон-фотонна емісія As_2S_3 // Науковий вісник УжНУ. Серія Фізика. Випуск 25. – 2009. – С. 75-78.
6. Tanaka K.J. Optoelect. Adv. Mater., Vol. 3, №2 (2001).
7. Голомб Р.М. Дис. канд. фіз.-мат. наук. Ужгород. 2005.

Стаття надійшла до редакції 28.05.2012

M. Lintur, M. Prikhodko, L. Markovych, I. Mitropolskij, S. Pop

Uzhhorod National University, 88000, Uzhhorod, Voloshin Str., 54

e-mail: mlintur@mail.ru

RESEARCH OF NANOHEETEOSTRUCTURES Se/As_2S_3 , Te/As_2S_3 AND Bi/As_2S_3 USING EFS

During the bombing by electrons with energy $E_n=450$ eV of multilayer pellicle Se/As_2S_3 , Te/As_2S_3 and Bi/As_2S_3 the quantitative data on the spectral composition and intensity of radiation in the range 200-800 nm was received. The nature of emitters in major components and also the locus of the observed luminosity were found in the spectrum. Important result from this research is the determination of the absolute output of photons from the surface of samples, which are respectively $N_1 = 1,8 \cdot 10^{-3}$ phot./el., $N_2 = 8,8 \cdot 10^{-4}$ phot./el. та $N_3 = 1,3 \cdot 10^{-3}$ phot./el.

Key words: electron-photon spectroscopy, photon, electron, bombardment, emission.

М.И. Линтур, М.В. Приходько, Л.М. Маркович,

И.Е. Митропольский, С.С. Поп

Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород ул. Волошина, 54

e-mail: *mlintur@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОГЕТЕРОСТРУКТУР $\text{Se/As}_2\text{S}_3$ $\text{Te/As}_2\text{S}_3$ и $\text{Bi/As}_2\text{S}_3$ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО- ФОТОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Получены количественные данные о спектральном составе и интенсивности излучения в диапазоне 200-800 нм при бомбардировке электронами с энергией $E=450$ эВ многослойных пленок $\text{Se/As}_2\text{S}_3$, $\text{Te/As}_2\text{S}_3$ и $\text{Bi/As}_2\text{S}_3$. Установлена природа излучателей основных компонент, которые обнаружены в исследуемых спектрах, а также место локализации наблюдаемого свечения. Важным результатом работы является определение значений абсолютного выхода фотонов с поверхности исследуемых образцов, которые соответственно составляют: $N_1=1,8 \cdot 10^{-3}$ фот./эл., $N_2=8,8 \cdot 10^{-4}$ фот./эл. и $N_3=1,3 \cdot 10^{-3}$ фот./эл.

Ключевые слова: электронно-фотонная спектроскопия, фотон, электрон, бомбардировка, эмиссия.