

В.Ю. Лоя¹, М.І. Козак², А.М. Соломон¹, І.І. Петришинець³, В.М. Красилицець¹

Одержання та дослідження тонкоплівкових структур на основі склоподібного As_2S_3

¹Інститут електронної фізики НАН України, вул. Університетська, 21, м. Ужгород, 88000, Україна, e-mail: Vasyl.loya@gmail.com

²Ужгородський національний університет вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, 88000, Україна

³Інститут матеріалознавства Словацької академії наук, вул. Ватсонова, 47, м. Кошице, 04001 Словацька республіка, e-mail: imrsas@imr.saske.sk

Досліджено інтерференційні спектри пропускання тонкоплівкових структур на основі As_2S_3 , вплив рентгенівського випромінювання на них та визначено показники заломлення. Проведено дослідження тонкоплівкових структур на основі As_2S_3 , нанесених на сколи КСІ з використанням скануючого електронного мікроскопу та точкового EDS аналізу. Отримані результати показують на утворення аморфної структури із включенням нанорозмірних неоднорідностей.

Ключові слова: тонкі плівки, показник заломлення, фотоструктурні перетворення, спектр пропускання.

Стаття постуила до редакції 23.07.2013; прийнята до друку 15.09.2013.

Застосування тонкоплівкових структур на основі сульфиду арсену (As_2S_3) в інтегральній оптиці ставить умову високої стабільності їх оптичних параметрів, досягнення якої, особливо в області слабого поглинання, є проблематичним. Особливо актуальним є одержання тонкоплівкових структур багатофункціонального призначення, за допомогою яких можлива реалізація таких явищ, як фотovoltaїчний ефект, реєстрація оптичної інформації, ефект перемикання пам'яті та інші явища. Актуальним є проведення досліджень тонкоплівкових структур, властивості яких не завжди прогнозовані, оскільки в умовах достатньо глибокого переохолодження (що властиво процесу конденсації плівок) ймовірний процес одержання плівок може призвести до формування в них специфічних структурних утворень, які не характерні для масивних (кристалічних чи склоподібних) матеріалів. Прогнозування властивостей плівок безпосередньо обумовлено не тільки надзвичайно малими розмірами, але і технологією їх одержання, що забезпечує створення структур із заданими властивостями. Підвищений інтерес до плівок викликаний також специфічністю електронних властивостей, а застосування нових експериментальних методів досліджень фізичних властивостей дозволило виявити в некристалічних матеріалах ряд нових фізичних явищ, що значно розширило їх практичне застосування.

Нами досліджувалися плівки одержані в умовах

наближених до рівноважних. Нанесення плівок трисульфиду миш'яку As_2S_3 проводилося на непідігріті підкладки: сколи КСІ, поліроване скло, поліровані пластини кремнію. Останнім часом активно розвивається новий підхід до керування властивостями напівпровідників, оснований на формуванні в напівпровідниковій матриці нанорозмірних атомних утворень, в склад яких можуть входити атоми введених домішок, атоми власних компонентів, а також власні точкові дефекти не кристалічної ґратки. Такі новоутворення викликають зміну енергетичного стану в забороненій зоні при збереженні незмінним фазового стану основної речовини, що в багатьох випадках являється домінуючим.

Попередні дослідження [1, 2] показали, що в процесі релаксації на протязі 17 днів товщина плівки зменшується від 2,273 мкм до 2,164 мкм, відповідно показник заломлення збільшується від 2,436 до 2,611. Досліджено механізм фотоіндукованого нанорозмірного розширення/звуження в тонких плівках As_2S_3 [3], де показано, що він має фотохімічну природу. Кінетику фотоіндукованого нанорозмірного розширення/звуження та зміну оптичних констант плівок досліджували за допомогою еліпсометричних вимірювань послідовних розрахунків. Дію рентгенівського опромінення на плівки ХСН, у нашому випадку As_2S_3 вивчено не достатньо. В даній роботі проведено дослідження впливу рентгенівського опромінення на

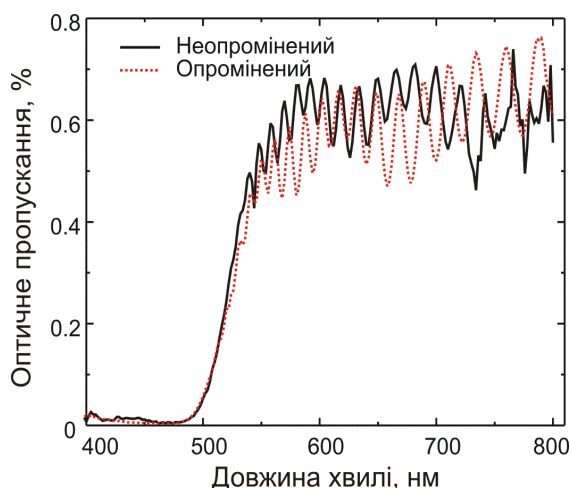


Рис. 1. Спектр пропускання плівки As_2S_3 .

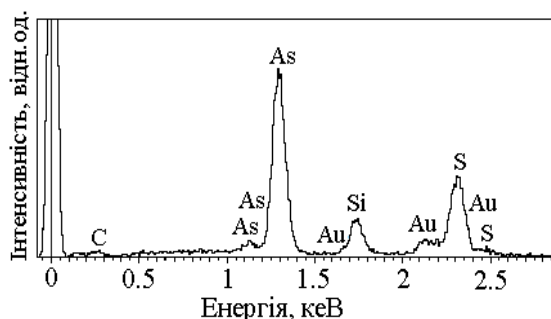


Рис. 2. Електронно-дифракційний спектральний аналіз зворотньо розсіяних кластерів у тонких плівках As_2S_3 , нанесених на підкладки KCl.

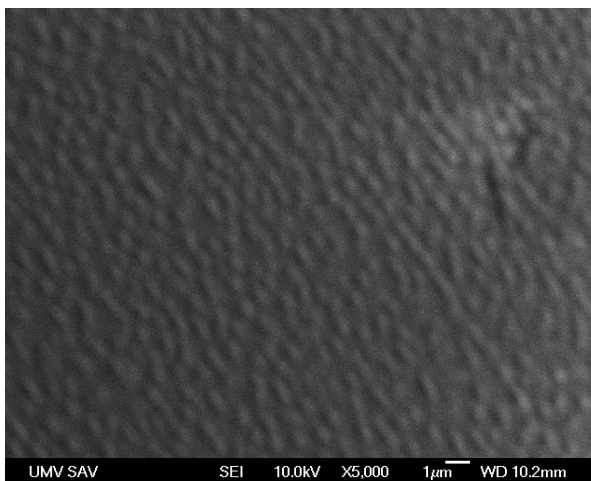


Рис. 3. Електронно-мікроскопічне зображення поверхні плівки As_2S_3 .

оптичні властивості тонких плівок нанесених на свіжі сколи KCl та поліровані кварцеві пластини, товщини плівок складали від 2 до 5 мкм. З цією метою система була опромінена випромінюванням рентгенівської трубки дозою в 100 Грей. Повідомляються випадки опромінення плівок трисульфиду миш'яку лазерним випромінюванням на

довжині хвилі 0,7 мкм [4], при чому в плівках під дією лазерного випромінювання проходять структурні перетворення. Було показано, що плівки As_2S_3 мають наногетерогенну будову [4].

Опромінення плівок призводить до зміщення краю поглинання у довгохвильову область спектру. Зміна оптичних параметрів плівок обумовлена структурними перетвореннями, які відбуваються в них під дією лазерного опромінення. Опромінення плівок As_2S_3 рентгенівським випромінюванням призводить до потемніння та зсуву краю поглинання у довгохвильову область спектру, при чому після опромінення на протязі 12 хвилин спостерігається свічення зразка в широкому спектральному діапазоні (0,3 - 0,8 мкм) зафіксованого на монохроматорі МДР-23. Із спектральної залежності пропускання (рис. 1) та врахування порядку інтерференційних смуг розраховано показники заломлення [5]. Показник заломлення на довжині хвилі 0,636 мкм становив 2,43. Це значення добре узгоджується із попередніми нашими результатами одержаними із еліпсометричних досліджень 2,436 на довжині хвилі 0,6328 мкм [1, 2]. При опроміненні тонкої плівки As_2S_3 нанесеної на свіжі сколи KCl випромінюванням рентгенівської трубки дозою в 100 Грей показник заломлення на довжині хвилі 0,632 мкм становить 2,47, тобто збільшується. Досліджено плівки As_2S_3 , нанесені на сколи KCl з використанням техніки скануючого електронного мікроскопу JSM-7001F та точкового EDS аналізу (рис. 2, 3). Проведені дослідження показують на утворення аморфної структури, яка складає 49,38 А% -S та 42,46 А% -As (таблиця 1). Перед дослідженням на поверхню плівки, нанесеної на свіжі сколи KCl, напилювали шар тонкого золота. Проведено дослідження одержаних структур методом рентгенівської дифракції. Сколи KCl відповідають кристалічній площині 100. На відміну від чистої поверхні KCl при наявності напиленої плівки спостерігається додаткова структура, що представляє собою суміш аморфної та кристалічної фази. У таблиці 2 приведені результати розрахованих значень показників заломлення плівок As_2S_3 нанесених на свіжі сколи KCl опромінених та не опромінених рентгенівськими променями, визначених із спектральної залежності пропускання та врахування порядку інтерференційних смуг.

Таблиця 1

Значення складу плівок As_2S_3 у вагових та атомних відсотках

Елемент	Вагові %	Атомні %
S K	22.76	45.53
As L	55.29	47.33
Au M	21.94	7.14
Всього	100.00	100.0

Таблиця 2

Значення показника заломлення плівок As_2S_3 .

Довжина хвилі, мкм	Показник заломлення після опромінення	Довжина хвилі, мкм	Показник заломлення до опромінення
0,782	2,45	0,791	2,40
0,755	2,44	0,769	2,41
0,733	2,44	0,745	2,41
0,713	2,44	0,723	2,41
0,695	2,45	0,702	2,40
0,677	2,45	0,684	2,40
0,663	2,47	0,666	2,41
0,646	2,47	0,651	2,42
0,632	2,47	0,636	2,43
0,618	2,48	0,621	2,43
0,606	2,50	0,608	2,44
0,599	2,53	0,596	2,45
0,581	2,50	0,584	2,46
0,569	2,51	0,573	2,47
0,561	2,53	0,562	2,48

Висновки

Показник заломлення напилених у вакуумі тонких плівок трисульфиду миш'яку в області слабого поглинання ($\lambda = 0,6328 \mu m$) сильно залежить від кута падіння світлової хвилі. На нашу думку, така залежність пов'язана з тим, що для невідпалених плівок характерна велика неоднорідність на рівні розмірів більших за молекулярні, але значно менших довжини хвилі, тобто нанорозмірна неоднорідність, що призводить до додаткової степені залежності властивостей. Така макроскопічна структура, природньо може проявлятися як анізотропне

середовище. Нанорозмірні неоднорідності призводять до суттєвого розсіювання падаючого пучка світлової хвилі із його деполяризацією.

Лоя В.Ю. - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;
Козак М. І. – інженер;
Соломон А.М. - кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник;
Петришинець І.І. - кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник;
Красилинець В.М. - кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник.

- [1] M.I. Kozak, V.N. Zhikharev, V.Yu. Loya, I.P. Studenyak, I.I. Shpak, I.I. Turok, Technical Physics Letters 32(5), 456 (2006).
- [2] M.I. Kozak, V.N. Zhikharev, V.Ju. Loja, I.P. Studenyak, I.I. Shpak, I.I. Turok, Pis'ma v ZhTF 32(10), 82 (2006).
- [3] M.I. Kozak, V.Ju. Loja, N.P. Golub, M.Ju. Onis'ko, Teoreticheskaja i jeksperimental'naja himija 45(1), 59 (2009).
- [4] V.M. Mar'jan, G.T. Gorvat, M.M. Pop, B.V. Gera, V.M. Rubish, Physics and chemistry of solid state 9(3), 524 (2008).
- [5] O.M. Borec', Optichni vlastivosti napivprovodnikov, chastina 1 (UzhDU, Uzhgorod, 1972).

V.Yu. Loya¹ M.I. Kozak², A.M. Solomon¹, I.I. Petrichinez³, V.M. Krasilinetz¹

Production AND Studies OF THE Vitreous As_2S_3 – Based Thin - Film

¹Institute of Electron Physics, Ukr. Nat. Acad. Sci., Uzhgorod, 88000, Ukraine

²Uzhhorod National University, Uzhgorod, 88000, Ukraine

³Institute of Materials Research, Slovak Academy of Sciences, Kosice, 04001, Slovak Republic

Interference transmission spectra of the As_2S_3 – based thin-film structures and the influence of X-ray radiation on them have been studied and the refraction index has been found. The As_2S_3 – based thin-film structures deposited onto the KCl cleavages have also been studied using the scanning electron microscope technique and the point EDS analysis. The results obtained indicate formation of the amorphous structure with the inclusion of nano-structure inhomogeneities.