

Д.М. Фреїк¹, Г.Є. Малашеквич², М.А. Лоп'янко¹, В.В. Бачук¹, Р.І. Никируй¹
Мікроструктура і оптичні властивості плівок РbТе на склі

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76000, Україна, E-mail: fcss@pu.if.ua

²Інститут молекулярної і атомної фізики НАНБ,
220072, Мінськ, проспект Незалежності, 70, Білорусь, malash@imaph.bas-net.by

Приведені результати дослідження морфології поверхні і спектри відбивання плівок РbТе, осаджених на скло і відданих лазерному і термічному відпалу.

Ключові слова: тонкі плівки, плюмбум телурид, морфологія поверхні, оптичні спектри.

Стаття постуила до редакції 16.09.2010; прийнята до друку 15.12.2010.

Оптичні властивості тонких плівок і наноструктур напівпровідників цікаві дослідникам у першу чергу через те, що вони є чутливими як до структури так і топологічних змін. Що стосується цих об'єктів із сполук IV-VI, то як у наших роботах [1-5], так і інших авторів [6-8] були вже виявлені особливості впливу структурного стану конденсатів, їх хімічного складу на спектральні характеристики.

Тонкі плівки РbТе отримували відкритим випаровуванням у вакуумі із наважки наперед синтезованої сполуки. В якості підкладок використовували поліроване скло, нагріте до температури $T_n = (140-250) ^\circ\text{C}$. Товщина плівок складала (0,1-10) мкм.

Ізотермічний відпал проводили при температурі $T_v=450 ^\circ\text{C}$ протягом 5 хв. Імпульсний нагрів здійснювався випромінюванням другої гармоніки моноімпульсного лазера на ітрій-алюмінієвому гранаті з йонами неодиму ($\lambda = 532 \text{ нм}$). Морфологію та спектральні властивості плівок досліджували з використанням ІЧ-мікроскопа Continuum компанії Thermo Fisher Scientific у відбитому світлі та ІЧ-Фур'є спектрометра FT-IR NEXUS відповідно.

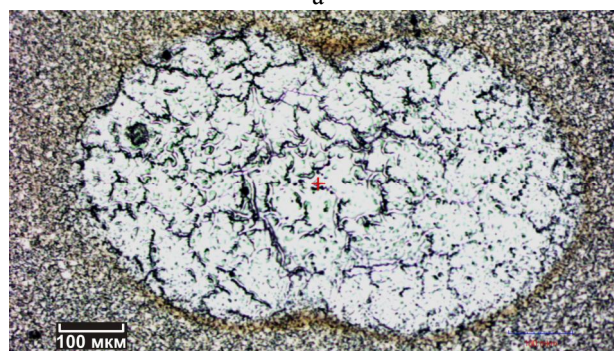
У цій статті продовжено дослідження впливу термічного і лазерного відпалів на оптичні характеристики плівок плюмбум телуриду.

На рис. 1 наведені мікрофотографії плівки РbТе, опроміненої одиночним лазерним моноімпульсом з щільністю потужності $P \approx 20 \text{ мДж/мм}^2$ (а) і 50 мДж/мм^2 (б).

Видно, що використовуване опромінювання призводить до оплавлення мікрочастінок росту і аморфізації опромінюваної поверхні. Слід зазначити, що для плівок РbТе товщиною $\sim 0,1 \text{ мкм}$ випромінювання з $P \approx 15 \text{ мДж/мм}^2$ викликає їх повне випаровування.



а



б

Рис. 1. Мікрофотографії плівки РbТе товщиною 10 мкм, опроміненої одиночним лазерним моноімпульсом з $P \approx 20$ (а) і 50 (б) мДж/мм²

На рис. 2 зображені спектри відбивання цієї ж плівки РbТе, до і після опромінювання одиночним моноімпульсом з $P \approx 50 \text{ мДж/мм}^2$. Видно, що зі зменшенням ν від 4000 до 2500 см^{-1} для опроміненої плівки (рис. 2 – крива 2) спостерігається помітне зниження відбивання. При цьому у низькочастотній області ($600 - 2500 \text{ см}^{-1}$ хід спектральної кривої маскується інтерференцією. Тим не менш, очевидно, що відбивання опроміненої плівки там також нижче.

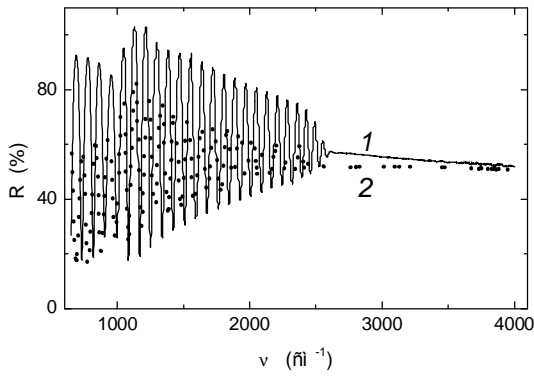
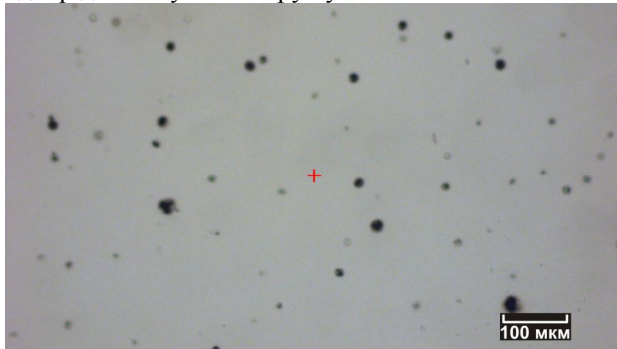
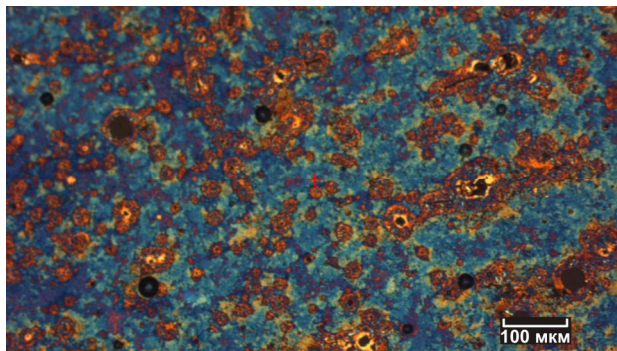


Рис. 2. Спектри відбивання плівки РbТе товщиною 0,1 мкм до (1) і після (2) опромінення одиночним моноімпульсом $P \approx 50$ мДж/мм².

Мікрофотографії плівки РbТе товщиною 0,1 мкм, отриманою при $T_{\text{п}}=190$ °С до (а) і після (б) стаціонарного нагрівання наведені на рис. 3. Видно, що до нагріву поверхню плівки гладка без видимих мікроструктур утворень. Після нагрівання її однорідність суттєво порушується.



а



б

Рис. 3. Мікрофотографії плівки РbТе товщиною 0,1 мкм до (а) і після (б) стаціонарного прогріву при $T = 450$ °С протягом 5 хв.

На рис. 4 зображені спектри відображення плівки товщиною 0,1 мкм, зняті під кутом 20 градусів до (1) і після (2) описаного вище стаціонарного нагріву. Видно, що інтенсивність відбитого світла

термообробленою плівкою в області $1350 \text{ cm}^{-1} \leq \nu \leq 3850 \text{ cm}^{-1}$ значно знижується і відбувається помітне зміщення мінімуму відбивання в низькочастотну область. Це свідчить про аналогічне зміщення краю міжзонного поглинання РbТе і, судячи по нахилу кривих 1 і 2, збільшенні його крутизни.

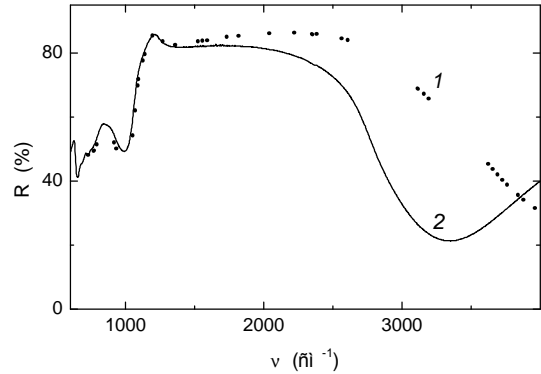


Рис. 4. Спектри відбиття плівки РbТе товщиною 0,1 мкм до (1) і після (2) термообробки при $T = 450$ °С протягом 5 хв.

Таким чином, опромінення лазерними моноімпульсами плівок РbТе дозволяє створювати локальні аморфізовані ділянки (аж до квантових точок). Стаціонарний нагрів цих плівок може супроводжуватися значним низькочастотним зсувом краю міжзонного поглинання РbТе і збільшенням його крутизни.

Робота частково виконана згідно наукових проектів НАН України (державний реєстраційний номер 0110U006281) та ДФФД Держкомінформнауки України (державний реєстраційний номер 0110U007674)

Фреїк Д.М. – заслужений діяч науки і техніки України, доктор хімічних наук, професор, директор Фізико-хімічного інституту, завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла;
Малашкевич Г.Е. – доктор фізико-математичних наук, професор;
Лоп'янюк М.А. – кандидат фізико-математичних наук, доцент;
Бачук В.В. – аспірант;
Никируй Р.І. – аспірант.

[1] А.П. Шпак, Д.М. Фреїк, Ю.А. Куницький, І.І. Чав'як. Парофазні методи отримання наноструктур // Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, 7(4), сс. 1089-1111 (2009).

- [2] Д.М. Фреїк. Напівпровідникові наноматеріали, нанотехнології та наноелектроніка // *Прикарпатський вісник НТШ*. **1**(1), сс. 74-111 (2008).
- [3] Д.М. Фреїк, Г.Є. Малашкевич, Р.І. Никируй, А.М. Горбачева, В.В. Бачук. Структура і оптичні властивості наноструктурованого плюмбум телуриду // *Фізика і хімія твердого тіла*, **10**(2), сс. 299-302 (2009).
- [4] Д.М. Фреїк, Г.Є. Малашкевич, Б.С. Дзундза, І.М. Ліщинський, Р.І. Никируй. Топологія поверхні і оптичні властивості наногранульованих плівок телуриду свинцю // *Фізика і хімія твердого тіла*, **9**(3), сс. 529-533. (2008).
- [5] D.M. Freik, P.M. Lytvin, I.I. Chaviak, I.M. Lishchynskyy, V.V. Bachuk, O.S. Krynytskyu. The Processes of Growth of Nanoscale Structures PbTe and Ostwald Maturation // *Physics and Chemistry of Solid State*. **10**(4), pp. 789-799 (2009).
- [6] О.І. Власенко, С.М. Левицький, П.О. Генцарь, М.С. Заяць, Ц.А. Криськов. Оптичні властивості сполук сульфїду та селенїду свинцю // *Фізика і хімія твердого тіла*, **10**(1), сс. 59-61 (2009).
- [7] С.М. Левицький, О.І. Власенко, П.О. Генцарь, О.С. Литвин, В.П. Папуша, Ц.А. Криськов. Морфологія поверхні та спектри пропускання плівок халькогенїдів свинцю // *Фізика і хімія твердого тіла*, **10**(2), сс. 311-314 (2009).
- [8] М.В. Вуйчик, З.Ф. Цибрій, К.В. Свеженцова, Є.О. Білевич, Ф.Ф. Сизов. Атомно-силова мікроскопія та інфрачервона спектроскопія гетеросистем CdTe-PbTe вирощених методом «гарячої стінки» // *Фізика і хімія твердого тіла*, **10**(4), сс. 784-788 (2009).

D.M. Freik¹, G.Ye. Malashkevich², M.A. Lopyanko¹, V.V. Bachyk¹, R.I. Nukuruy¹

Microstructure and Optical Properties of PbTe Films on Glass

¹Vasyl Stefanyk PreCarpathian National University

57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine, E-mail: fcss@pu.if.ua

²Institute of the molecular and nuclear physics NASB,

220072, Minsk, pr. Nezalezhnosti, 70, Belarus, malash@imaph.bas-net.by

The studies results of surface morphology and reflectance spectra of PbTe films, deposited on glass and dedicated laser and thermal annealing.

Key words: thin films, lead telluride, surface morphology, optical spectra.