

© 2004 р. І.М. Раренко, Б.М. Грицюк, С.В. Нічий,
В.М. Стребжев, Т.І. Тунь

Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, Чернівці

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ПЛІВОК $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, ОТРИМАНИХ ЛАЗЕРНИМ ВИПАРОВУВАННЯМ

Досліджено морфологію поверхні плівок $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, вирощених імпульсним лазерним напиленням у статичному вакуумі, в залежності від температури підкладки.

Morphology of $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$ films grown by impulse laser evaporation in static vacuum is studied in dependence of substrates temperature.

Особливість твердого розчину $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$ в тому, що при $x > 0,03$ у процесі отримання об'ємного кристалу відбувається виділення Bi в окрему фазу. Властивості сплавів визначаються різними кристалохімічними формами входження Bi у тверді розчини $\text{InSb} \langle \text{Bi} \rangle$ [1]. Діаграма стану трикомпонентної системи $\text{In}-\text{Bi}-\text{Sb}$ містить області первинної кристалізації твердих розчинів на основі InSb . У залежності від складу і температури вісмут у таких твердих розчинах може знаходитись у трьох основних формах: Bi , InBi , In_2Bi .

Змінюючи умови кристалізації можна впливати на структуру твердих розчинів $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, розчинність і форми знаходження Bi в InSb . Дану проблему прагнуть розв'язати шляхом використання технології спінінгування [2], яка полягає в осадженні на переохолоджену поверхню розплавленого розчину $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$. Тоді отримують полікристалічний матеріал із заданим вмістом вісмуту.

Принцип вищезгаданої технології можна здійснити, осаджуючи плівки лазерним випаровуванням на охолоджені підкладки. Структура отриманих плівок залежить від технологічних параметрів їх отримання: температурних режимів підкладки, параметрів лазерного випромінювання, швидкості осадження матеріалу.

Нами проведені дослідження морфологічних властивостей плівок $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, отриманих лазерним випаровуванням у статичному вакуумі, при різних температурах підкладки, згідно р методикою описаною в [3]. Мішень та підкладка розміщувались в ампулі за умов статичного вакууму величиною 10^{-7} мм.рт.ст. Стабілізація температури підкладки досягалась завдяки використанню

масивного підкладкотримача. Дана методика дозволяє задавати величину температури підкладки від точки кипіння азоту до точки плавлення кварцу. Плівки отримувались шляхом осадження синтезованого матеріалу $\text{InBi}_{0,05}\text{Sb}_{0,95}$ імпульсним лазерним випромінюванням довжиною хвилі 1,06 мкм. Тривалість імпульсу становила 1,5 мс, частота імпульсів випромінювання – 15 Гц, густина потужності випромінювання – 65 кВт/см². За таких умов отримувались однорідні за товщиною плівки без видимих крапель, характерні для "бризкового ефекту". Зазначені параметри променя, його неперервне сканування по поверхні мішені, забезпечували повне випаровування матеріалу мішені з області дії імпульсного лазерного випромінювання. Це приводить до конденсації плівки $\text{InBi}_{0,05}\text{Sb}_{0,95}$ заданого складу на підкладці. Як підкладка використовувались шайби InSb $\varnothing 10$ мм, товщиною 0,5 мм з кристалографічною орієнтацією поверхні (111).

Підготовка підкладок проходила за наступною схемою. Нарізані шайби InSb полірувались, промивались у толуолі при температурі 110°C упродовж 20 с для зняття жирової основи, що залишилась на поверхні після полірування алмазною пастою. Для хімічної поліровки використовувалась 20%-й розчин азотної кислоти. Травлення поверхневого шару відбувалось протягом 2 хвилин, після чого зразки промивались у дистильованій воді і висувувались. Якість обробленої поверхні контролювалась за допомогою оптичного мікроскопу.

Результати попередніх досліджень показали, що в процесі осадження плівок $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$ на підкладку InSb при температурі підкладки $T_n \geq 250^\circ\text{C}$

відбувалося ревіпаровування матеріалу мішені з підкладки та осадження його на стінки ампули. Це вказує на те, що речовина, яка випаровується, має вищу енергію у порівнянні з енергією конденсації речовини на підкладці при заданій температурі. Дане явище не спостерігається при температурах підкладки $T_n \leq 240^\circ\text{C}$. Отримані плівки мали товщину $1,5 \div 2$ мкм, яка визначалась за допомогою мікроінтерферометра МІІ-11.

Особливості структури і фазового складу плівок $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, отриманих із синтезованого матеріалу $\text{InBi}_{0,05}\text{Sb}_{0,95}$, вивчалися за допомогою растрового електронного мікроскопу РЕМ-100У в режимі "вторинних" електронів і скануванням у рентгенівських променях. Дослідження проводились при величині прискорючої напруги 30 кВ і струму електронного зонду $2 \cdot 10^{-11} \div 5 \cdot 10^{-10}$ А.

Плівки $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$ отримані при температурі підкладки $T_n = -178 \div -183^\circ\text{C}$, мали дрібнокристалічну структуру (рис.1а). Морфологія плівок значною мірою визначається морфологією орієнтуючої монокристалічної підкладки InSb . Кристаліти плівки орієнтовані вздовж кристалографічних площин. На поверхні плівок відображені границі блоків монокристалічної підкладки. Плівки характеризуються достатньою однорідністю, в них відсутня розорієнтована дендритна структура та макродефекти у формі пірамід, притаманні плівкам $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$ [1]. При оптимальних швидкостях випаровування матеріалу, плівки, отримані за даних технологічних умов, не мають включень збагачених Bi , які в електронних променях фіксуються внаслідок ефекту "атомного номера" (рис.1б).

Мікроструктура плівок $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, вирощених при температурі підкладки 200°C та при інших незмінних технологічних умовах отримання, характеризувалась наявністю включень фази Bi , які були ідентифіковані скануванням у рентгенівських променях по лінії при настройці спектрометра на максимуми піків $\text{BiL}\alpha_1$, $\text{InL}\alpha_1$, $\text{SbL}\alpha_1$. Реєстрація максимумів рентгенівських спектрів проводилась за допомогою кристал-аналізаторів LiF та PET при струмі зонду $3 \div 5 \cdot 10^{-7}$ А. При проходженні електронного зонду поперек включень спостерігалось відхилення кривих інтенсивності в місцях підвищеної концентрації Bi , у порівнянні з матрицею плівки. Кристаліти плівок, осаджених при температурі 200°C мають вигляд витягнутих зерен з переважною орієнтацією у площині (111) (рис.2). Виділення фази Bi можна пов'язати

з переходом однофазового метастабільного складу $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$ у рівноважний стан $\text{InSb}_{1-x} + \text{Bi} + \text{InBi}$ при більш високих температурах підкладки.

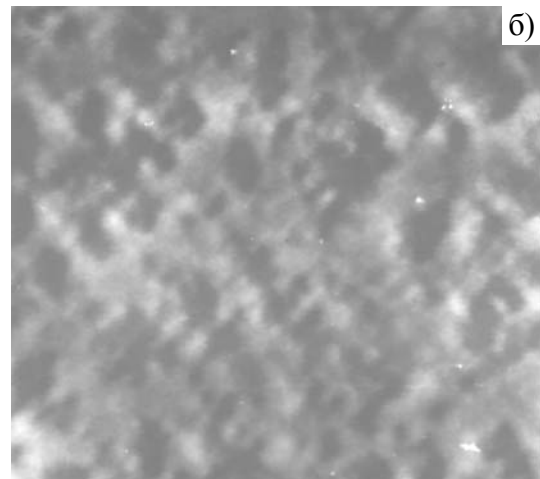
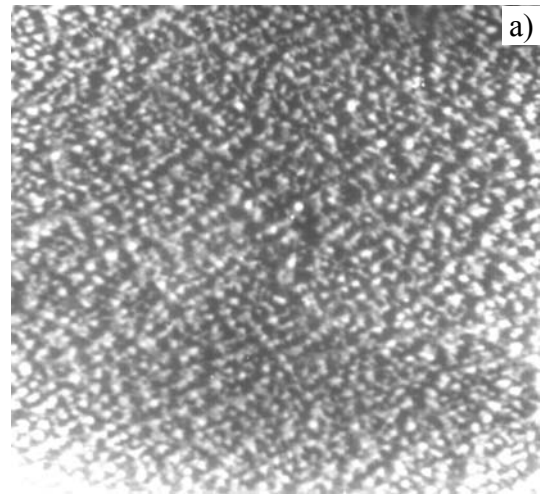


Рис.1. Морфологія плівки $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, отриманої при температурі підкладки -178°C . Зйомка в РЕМ. $\times 2000$ (а), $\times 14000$ (б).

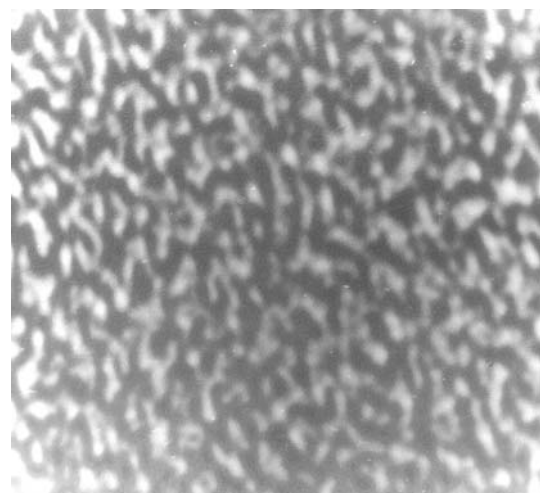


Рис.2. Морфологія плівки $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$, отриманої при температурі підкладки 200°C . Зйомка в РЕМ, $\times 14000$.

Висновки

За допомогою імпульсного лазерного випромінювання у статичному вакуумі можна отримати плівки твердого розчину $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$ зі структурою, яка визначається температурою підкладки та енергією лазерного випромінювання. В області температур кипіння азоту можна отримати однофазні плівки стехіометричні матеріалу підкладки $\text{InBi}_x\text{Sb}_{1-x}$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Касьян В.А., Кетруш П.И., Никольский Ю.А., Пасичник Ф.И.* Тонкие пленки антимонида индия. – Кишнев: Штиинца, 1989.
2. *Шепелевич В.Г.* Структура и электрические свойства быстрозакаленных фольг InSb и твердых растворов системы InSb–InBi // Изв. АН СССР Неорганические материалы. – 1991. – №12. – С.2505-2507.
3. *Грицюк Б.Н., Нічий С.В.* Получение пленок лазерным испарением в условиях статического вакуума // Приборы и техника эксперимента. – 1997. – №2. – С.144-145.