

ОРІЄНТОВАНА ЛАЗЕРНА КРИСТАЛІЗАЦІЯ АМОРФНИХ ПЛІВОК Sb_xSe_{1-x}

В.В.Мікла, В.І.Мікла, В.М.Кришеник, І.П.Михалько

Ужгородський національний університет, 88000, м.Ужгород, вул.Волошина, 54, Україна

Розглянуто орієнтовану кристалізацію аморфних плівок на основі селену, що містять добавки сурми. Вивчаються окремі особливості фотонаведеного дихроїзму. Експериментальні результати пояснюються на основі феноменологічної моделі Фріцше.

Принцип реєстрації оптичної інформації (оптичний запис), котрий базується на ефекті лазерної кристалізації (нереверсивної чи реверсивної) аморфних плівок халькогенідів відомий досить давно. Поряд з цим слід зауважити, що технічне (промислове) використання цього явища реалізовано лише в останні роки [1-5]. При вивченні й практичному використанні лазерної кристалізації до якогось часу поляризація лазерного променя не бралась до уваги. Про експерименти такого роду, проведені на плівках a-Se, повідомлялося в [1-2]. Вивчення анізотропії, наведеної в аморфних шарах низькокоординуваних селенідів даватиме цінну інформацію стосовно механізму лазерної кристалізації, тоді як сам ефект може бути безпосередньо використаний у носіях оптичного запису зображення. Зокрема, можливо виготовити пристрої оптичної пам'яті з додатковим станом (на зразок того, який має місце в магнітно-оптичних носіях), де створювана оптична анізотропія задаватиметься напрямком зовнішнього магнітного поля.

Для досліджень бралися плівки товщиною 1-3 мкм, одержані методом вакуумного термічного напилення. Орієнтована кристалізація здійснювалась за допомогою лінійно поляризованого випромінювання He-Ne лазера. В разі необхідності фокусували ініціюючий лазерний промінь на локальну ділянку плівки. Експерименти з виявлення анізотропної кристалізації полягали у вимірюванні фотоіндукованого дихроїзму. В оцінці величини останнього необхідно визначити різницю коефіцієнтів поглинання (пропускання)

для двох контролюючих взаємно ортогонально поляризованих променів [2-4].

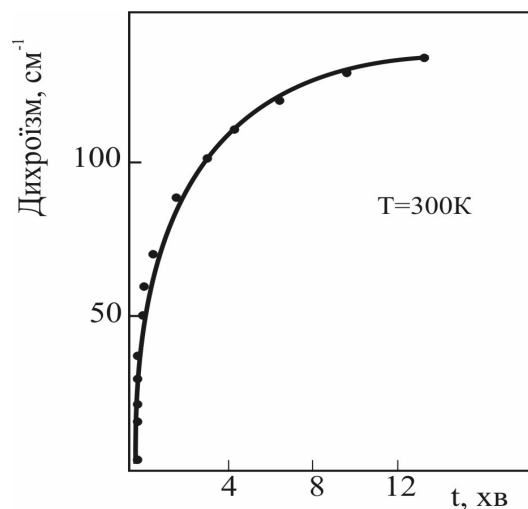


Рис.1. Кінетична крива фотоіндукованого дихроїзму в зразках $Sb_{0,01}Se_{0,99}$. Освітлення й реєстрація проводилась лінійно поляризованим світлом He-Ne лазера (633нм). Інтенсивність 5мВт.

Зазначимо, що при температурах $T < T_g$ фіксували відносно малі значення фотоіндукованого дихроїзму. Більші значення дихроїзму реєструвались при вищих ($T \geq T_g$) температурах, особливо – зі зростанням тривалості освітлення (див. рис. 1 і 2). Певна затримка в процесі змін, що її добре помітно на початковій стадії (рис. 2), пояснюється триваючими нуклеаційними процесами. Окремим “зовнішнім” виявом кристалізації була можливість спостереження сірої плями металічного відтінку (для опроміненої ділянки) й характерного для кристалічного Se кольору. Ця ділянка досить контрастно виділяється на темно- червоному фоні тієї частини плівки, котра не зазнала впливу

лазерного опромінення й уникнула процесів кристалізації.

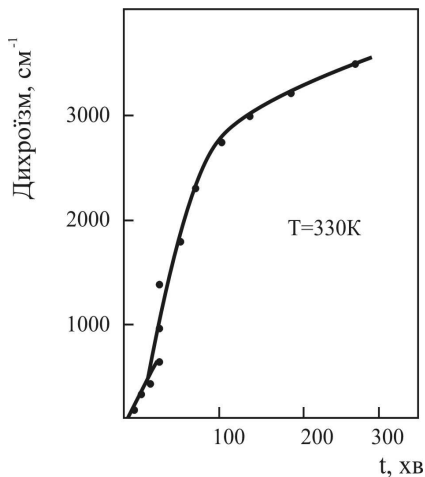


Рис. 2. Кінетика фотоіндукованого дихроїзму для зразків $Sb_{0,01}Se_{0,99}$.

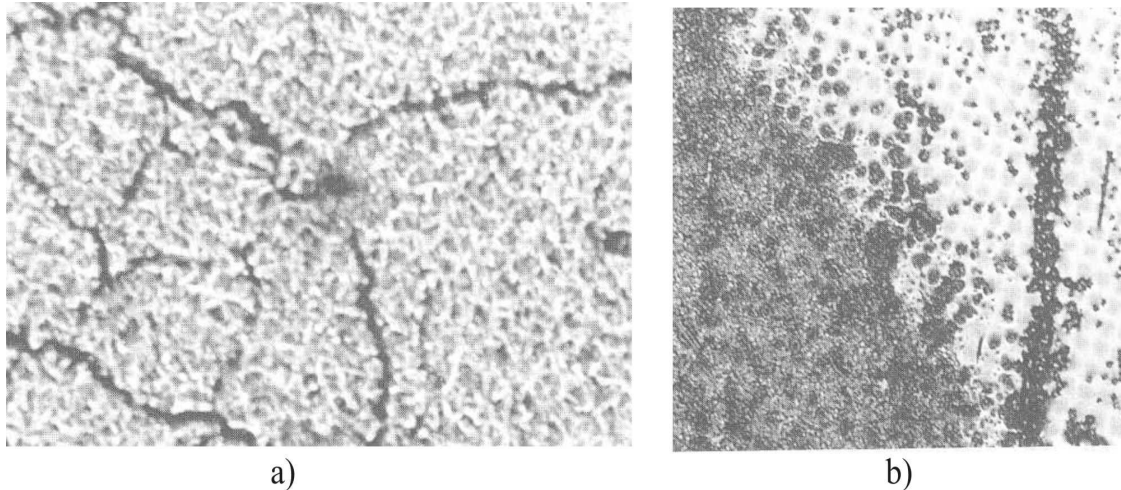
Результати досліджень дифракції рентгенівських променів однозначно вказують: неопромінена частина зразка, поза всяким сумнівом, залишається аморфною. Водночас опромінена ділянка плівки, закристалізувавшись, включає в себе гексагональну та моноклінну кристалічну фази. Дольне співвідношення цих співіснуючих у закристалізованій ділянці фаз складає, відповідно, приблизно 95 та 5% для гексагональної (ланцюжки атомів Se) й моноклінної (кілецьові структури) фаз. Це добре узгоджується з отриманими нами даними з комбінаційного розсіювання світла та підтверджується даними інших авторів [1,2,6]. Попередньо можна вважати, що кристалізація аморфних плівок супроводжується перебудовою структури на молекулярному рівні. Така перебудова включає розрив та перемикання відповідних хімічних зв'язків.

Анізотропія, спричинена спрямованою кристалізацією, стає більш виразною з ростом інтенсивності опромінення при $T \geq T_g$. В цьому полягає її відмінність від відомої оборотної фотоіндукованої анізотропії, рівень насичення якої практично не залежить від інтенсивності [5]. Відмітимо, що при температурах, вищих за температуру розм'якшення, набутий дихроїзм, досягши стадії насичення, незворотно втрачає ознаки реверсивності. Величина дихроїзму певний час після опромінення

могла зростати навіть тоді, коли зразок з присутніми в ньому фотоіндукованими зародками продовжували витримувати в темноті при $T > T_g$.

Для термосталізованої плівки характерна більш однорідна структура, де, однак, помітна присутність окремих розломів (рис. 3). Скоріше за все їх появу обумовили виникаючі напруження на границі плівка-підкладка. На даному рисунку чітко вирізняється межа плями “фотокристалізації”, яка відділяє кристалічну частину плівки від аморфної. Поряд з цим спостерігаються й деякі лінійні структури, що їх обумовлює зовнішнє “наведення” певних лінійних дефектів у плівці. Необхідно також зазначити, що оптична густина “закристалізованої” плями “чутлива” до поляризації індукуючого освітлення. Порівнявши зображення засвічених поляризованим і неполяризованим світлом ділянок поверхні плівки, виявили, що лінійно поляризоване світло приводить до більш оптично густої кристалічної структури в центральній частині закристалізованої зони при значно різкішому виділенні межі між кристалічною та аморфною ділянками. Роль освітлення в кристалізаційних процесах не зводиться виключно тільки до підведення додаткової термічної енергії, але й визначається більш інтенсивною генерацією електронно-діркових пар на границі кристалічних та аморфних утворень. Останнє суттєво пришвидшує неоднорідний ріст фотоіндукованих кристалічних зародків. Зародки-сусіди орієнтовані переважно однаково й відтак оптимально заповнюють простір між ізотропними структурними фрагментами, формуючи більш щільну (в оптичному відношенні) структуру. У випадку освітлення неполяризованим світлом відповідні зародки орієнтуються неупорядкованим чином.

Пояснення одержаним експериментальним результатам можна дати, скориставшись запропонованою авторами [1,5] мікросталічною моделлю. Беручи за основу феноменологічну ідею Фріцше [5], вважатимемо, що аморфна структура відпаленої й надалі адаптованої темною

Рис. 3. Зображення поверхні термалізованих (а) і фотокристалізованих (б) плівок Sb_xSe_{1-x}

витримкою плівки мала б містити певні анізотропні елементи мікроструктури. Оскільки їх розташування визначається випадковою просторовою орієнтацією, така структура виявляє ізотропність у макроскопічному відношенні. Ця особливість притаманна переважно аморфним халькогенідам. У випадку, коли аморфні зразки експонуються лінійно поляризованим світлом, виділеним структурним елементам (у нашому випадку сегментам ланцюжків) властива здатність до “вишикування” з деякою переважаючою орієнтацією. Остання перпендикулярна до електричного вектору оптичної хвилі ініціюючого (зміни властивостей) лінійно поляризованого світла. Збагачені Se некристалічні сплави з точки зору відомої топологічної моделі Філіпса-Торпа [7] можна розглядати як матеріали з м’якою атомною структурою. До цього причетна й низька координація атомів халькогену, через що порівняно легко переорієнтувати зовнішніми чинниками окремі сегменти ланцюжків. Результати досліджень дифракції рентгенівських променів, зокрема, спостережувана різниця в інтенсивностях го-

ризонтальної та вертикальної конфігурацій піку 101, свідчать про переважаюче упорядкування (орієнтацію) ланцюжкових молекул вздовж напрямку, перпендикулярного електричному вектору лінійно поляризованого світла. Якщо продовжувати дотримуватись згаданої мікроструктурної моделі й вважати, що кристалізаційний процес відбувається згідно описаної вище схеми, то цілком вірогідно припустити, що індуквані лінійно поляризованим світлом малої інтенсивності в аморфній фазі елементи з “квазікристалічною” орієнтацією мають здатність стати в подальшому зародками й переростати в мікроструктурні. Звичайно, що необхідна для ініціації цього процесу густина енергії має перевищити значення порогової енергії $E_{пор}$. Ми встановили, що незначні добавки Sb в аморфний селен ведуть до певного зменшення значень цього параметру. Цей результат є доволі цікавим, бо введення сурми супроводжувалось немонотонною (з композиційним максимумом) залежністю кристалізаційної стійкості для досліджуваних плівок.

Література

1. K.Ishida, K.Tanaka // Phys.Rev.B – 1997. – V.56, №1. – P.206-209.
2. G.J.Adriaenssens, V.K.Tikhomirov, S.R.Elliott // J.Non-Cryst.Solids – 1998.- V.227-230. -P.688-693.
3. V.K.Tikhomirov, P.Hertogen, G.J.Adriaenssens, C.Glorieux, R.Ottenburg// J.Non-Cryst.Solids – 1998.- V.227-230.- P.732-738.

4. P.Hertogen, G.J.Adriaenssens // J.Non-Cryst.Solids – 2000.- V.266-269.-P.948-953.
5. H.Fritzsche // Phys.Rev.B – 1995. – V.52. – P.15854-15861.
6. V.I.Mikla, I.P.Mikhalko, V.V.Mikla // Materials Science and Engineering – 2001.- V.B83. – P.74-78.
7. J.P. Phillips, M.F.Thorpe // Sol. State Communs., 1985.– v.53, №8,– P.699-702.

ORIENTED LASER CRYSTALLIZATION OF AMORPHOUS Sb_xSe_{1-x} FILMS

V.V.Mikla, V.I.Mikla, V.M. Kryshenik, I.P.Mikhalko

Uzhgorod National University, Institute for Solid State Physics and Chemistry, Voloshina Str.54,
88000 Uzhgorod, Ukraine

Oriented laser crystallization in amorphous selenium based films is considered.
We have study the photo-induced dichroism in the above objects. Experimental data
obtained are considered in terms of phenomenological Fritzsche's model.