

Д.М. Фреїк, Я.С. Яворський, В.Ю. Потяк, Р.С. Яворський
**Секційні вакуумні нагрівачі для отримання
парофазних конденсатів**

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

Розроблено конструкції вакуумних секційних нагрівачів, за допомогою яких можна осаджувати парофазними методами тонкі плівки і наноструктури напівпровідникових сполук як різної товщини при заданій температурі осадження, так і однакової товщини при різних температурах осадження, а також двошарових покриттях, тощо [1].

Ключові слова: тонкі плівки, вакуумні нагрівники, парофазні методи.

Стаття постуила до редакції 11.11.2011; прийнята до друку 15.03 2012.

Тонкі напівпровідникові плівки та наноструктури мають широкий спектр використання як ефективні активні елементи у джерелах і детекторах електромагнітного випромінювання у різних діапазонах довжин хвиль, фільтрах і відбиваючих покриттях, тощо [1].

Для отримання напівпровідникових плівок і наноматеріалів використовують методи молекулярно-променевої епітаксії (molecular-beam epitaxy, MBE), осадження із металоорганічних сполук (metaloorganic vapor phase epitaxy, MOVPE), та інші [1]. Відзначені способи отримання напівпровідникових тонких плівок і наноструктур вимагають надзвичайно дорогої технологічної апаратури, прецезійної складної системи керування та спеціальних матеріалів.

У роботі запропоновано удосконалені раніше розроблені конструкції вакуумних нагрівачів [2], які дають можливість отримувати серії парофазних конденсатів у єдиному циклі за різних технологічних факторів: різної товщини $h=(0,1-5)$ мкм при сталій температурі осадження $T_n=(300-570)K$; однакової товщини h при різних T_n у відзначених вище межах.

З метою реалізації першого завдання – отримання конденсату однакової товщини при заданій температурі осадження – вакуумний нагрівник складається з п'яти мікропічок (рис. 1а,б), виготовлених з брусків вакуумної міді розміром $40*20*8$ мм³. У корпусі мідних брусків 1 просверлені отвори під керамічні трубки 2, які служать електричним ізолятором між корпусом і нагрівальним елементом 3. Знизу корпус має площадку з тримачами 4 для матеріалу підкладки 6. Для зменшення теплових втрат поверхню підкладок і надання потрібної конфігурації конденсату встановлені екрани 5 з танталу товщиною 0,3 мм. Усі

мікропічки градувалися під однакову температуру шляхом підбору опору ніхромової дротинки діаметром 0,3 мм. Температури пічок вимірюються термопарами "хромель-копель", поміщених у їх корпус поблизу підкладок. Система мікропічок прикріплена діагонально до поворотного кронштейна, нагрівальні елементи з'єднані паралельно (рис. 2).

Отримання парофазних напівпровідникових конденсатів здійснюють таким чином (рис. 2). Випарник 7 завантажують наважкою із досліджуваної речовини (наприклад порошок із синтезованої сполуки плюмбум телуриду). Наперед заготовлені підкладки 4 (наприклад свіжі сколи слюди) закладають у пічки 1. При перекритій заслінці 5 нагрівають до заданої температури мікропічки 1 з підкладками 4 та випарник із наважкою. Підводять одну із пічок під отвір 6 у заслінці над випарником і здійснюють осадження пари на підкладку протягом певного фіксованого часу. Потім перекривають заслінкою потік пари із випарника, підводять поворотом наступну із секційних мікропічок з підкладкою, відкривають заслінку і проводять осадження із іншим часом. Описаний процес повторюють п'ять разів для кожної мікропічки із підкладками.

Для реалізації другого завдання – отримання конденсату однакової товщини при різних температурах осадження – пристрій (рис. 3) містить наступні конструктивні елементи: систему мікропічок (1) із нагрівниками (2) які розміщені по колу за допомогою радіальних кронштейнів (3); підкладки (4) для осадження пари; рухому заслінку (5) із асиметрично розміщеним отвором (6); механічну систему для повороту мікропічок (8) та два випарники (7) із наважками різних речовин.

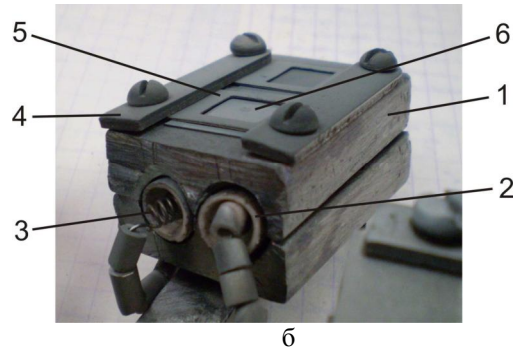
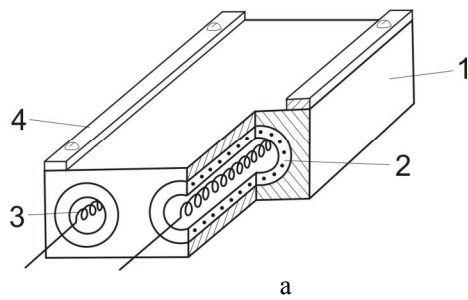


Рис.1 Конструктивна схема (а) і світлина вакуумної мікропічки: 1 – корпус, 2 – керамічна трубка, 3 – спіраль нагрівника, 4 – тримачі підкладок.

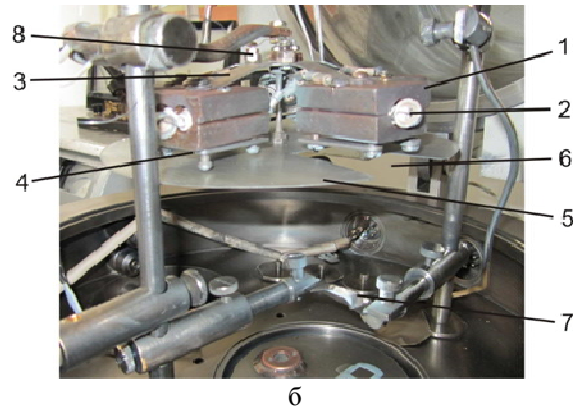
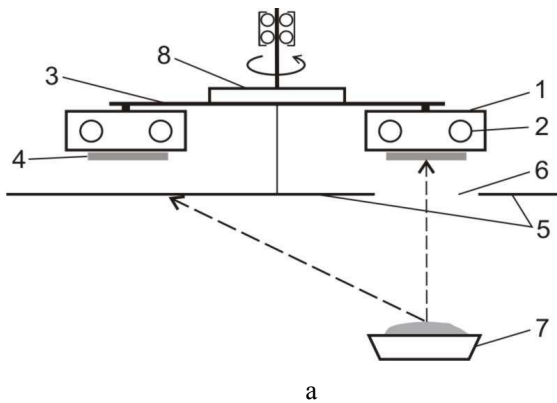


Рис. 2. Конструктивна схема (а) і світлина (б) пристрою для отримання плівок і наноструктур: 1– система мікропічок, 2 – нагрівники, 3 – радіальні кронштейни, 4 – підкладки для осадження пари, 5 – заслінка, 6 – асиметрично розміщений отвір, 7 – випарник, 8 – механічна система для повороту мікропічок.

Задані температури пічок встановлюються опором ніхромових нагрівачів за рахунок зміни їх довжини.

Отримання наноструктур здійснюють таким чином: випарники 7 (рис. 3) завантажують наважками різних сполук (наприклад перший випарник порошком плюмбум телуриду, а другий сріблом). Підготовлені підкладки 4 (наприклад пластинки скла) закладають у пічки 1. При перекритій заслінці 5 нагрівають до заданих температур мікропічки з підкадками та перший випарник з наважкою. Підводять одну з пічок під отвір 6 у заслінці над першим випарником і здійсню-

ють осадження пари матеріалу на підкладку протягом певного фіксованого часу. Потім перекривають заслінкою 5 потік пари з випарника, підводять поворотом наступну із секційних мікропічок з підкладкою, відкривають заслінку і проводять осадження на іншу підкладку при цьому ж часі осадження. Процес повторюють п'ять разів для кожної мікропічки з підкладками, після чого перекривають заслінку і перший випарник виключають.

Крім того, запропонований пристрій дозволяє отримання двошарових тонкоплівкових структур. Для цього при перекритій заслінці прогрівають другий випарник, повертають заслінку отвором навпроти другого випарника і підводять одну мікропічку із вже осадженим конденсатом згідно вище описаної процедури під отвір у заслінці. Через певний час після осадження другого шару іншого матеріалу перекривають заслінкою потік пари із другого випарника, підводять наступну мікропічку, відкривають заслінку і повторюють процес. Після чого закривають заслінку і другий випарник виключають.

Запропоновані пристрої осадження пари у відкритому вакуумі дають можливість отримати у процесі одного циклу конденсати різної товщини при сталих температурах осадження ($T_p = \text{const}$) і випаровування ($T_v = \text{const}$), а також однакової товщини при різних значеннях T_p , доступні у

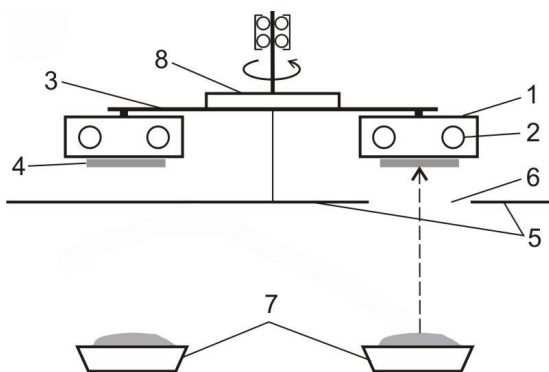


Рис.3. Конструктивна схема пристрою для отримання двошарових парофазних тонкоплівкових наноструктур.

реалізації і піддаються автоматизації. Їх можна ефективно використовувати для розв'язання різних задач тонкоплівкового матеріалознавства у вакуумних постах типу ВУП-5К та інших вакуумних установках.

Висновки

1. Запропоновані конструкції вакуумних пічок для отримання паро фазних конденсатів за різних технологічних факторів у єдиному циклі.
2. Описано процедури, що забезпечують отримання конденсатів різної товщини при сталій температурі підкладок та однакової товщини при різних температурах осадження.
3. Розглянуто можливість використання запропонованих вакуумних нагрівників для отримання двошарових наноструктур.

- [1] Фрейк Д.М., Галушак М.А., Межиловська Л.Й. *Физика и технология полупроводниковых пленок*. Вища школа, Львов. 152с. (1988).
- [2] Белявський В.Н. Физические основы полупроводниковой нанотехнології // *Соросовский образовательный журнал*, 10, сс.. 92-98. (1996).

Робота виконана згідно проектів МОН України (реєстраційний номер 0111U001766), ДФФД МОН України (реєстраційний номер 0111U005500 та 0112U003693) та НАН України (реєстраційний номер 0110U006281).

Фрейк Д.М. – заслужений діяч науки і техніки України, доктор хімічних наук, професор, директор Фізико-хімічного інституту, завідувач кафедри;

Яворський Я.С. – аспірант кафедри фізики і хімії твердого тіла;

Потяк В.Ю. – молодший науковий співробітник Фізико-хімічного інституту;

Яворський Р.С. – студент фізико-технічного факультету.

D.M. Freik, Ya.S. Yavorskiy, V.Yu. Potyak, R.S. Yavorskiy

Sectional Vacuum Heaters for Vapor-Phase Condensates

Vasyl Stefanyk PreCarpathian National University
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine, E-mail: freik@pu.if.ua

The designs vacuum section heaters, you can use to precipitate vapor phase methods of thin films and nanostructures of semiconductor compounds as different thickness at a given temperature deposition and the same thickness at different temperatures of deposition in a single technological cycle without depressurization of the vacuum system.

Key words: thin film, vacuum heaters, vapor phase techniques.