

Як свідчать результати досліджень, отримані генератори можна використовувати для функціонування в широкому частотному діапазоні в різноманітних пристроях, зокрема в модуляторах ЧМ-сигналів. Синтезовані генератори, на відміну від існуючих, не передбачають переналагоджування своїх компонентів у разі необхідності зміни амплітуди або частоти коливань, тобто їх схеми є повністю амплітудо- та частотонезалежними.

1. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости. М., 1967. 2. Мандзій Б.А., Желяк Р.І. Основи аналогової мікросхемотехніки. Львів, 1998. 3. Chua L.O., Green D.N. Synthesis of nonlinear Periodic Systems // IEEE Trans. on Circuit and Systems. March 1974. Vol. CAS-21. P.286-294. 4. Tymoshchuk P.V. and Shapovalov Y.I. Synthesis of electronic devices on the determination and digitization of implicit algebra-differential equations base // Radioelectronics and Communications Systems. April 1998. Vol.41. P.41-43. 5. Тутце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М., 1982.

УДК 612.315.592

Ю.М.Білинський, С.П.Дубельт, В.І.Лобойко, О.І.Логуш*
Державний університет “Львівська політехніка”, кафедра фізики
***Державний університет “Львівська політехніка”,**
кафедра напівпровідникової електроніки

МАСОПЕРЕНОС СЕЛЕНІДУ ЦИНКУ У КВАЗІЗАКРИТІЙ СИСТЕМІ

© Ю.М.Білинський, С.П.Дубельт, В.І.Лобойко, О.І.Логуш, 2000

Розглянуто можливі механізми масопереносу при сублимації ZnSe у квазі-закритій системі в температурному діапазоні 1100...1400 К, який є оптимальним для вирощування полікристалічних зразків високої прозорості. Показано, що переважаючим є перенесення речовини газодинамічним потоком, і визначальний вплив на його величину та властивості вирощених кристалів має температура зони джерела.

Possible mechanisms of mass transport attached to ZnSe sublimation in quasi closed system for temperature diapason 1100...1400 K. This temperature region is optimum for the growth of the polio crystal samples of high transparency. Shown, the prevalence of the gas stream transport and the dominant influence of the vaporization temperature on the on the properties of the samples.

Селенід цинку – перспективний матеріал для виготовлення прохідних оптичних елементів інфрачервоної техніки. Оптичні характеристики та променева міцність зразків визначаються чистотою та розмірами зерен матеріалу, які, у свою чергу, залежать від технологічних умов одержання, зокрема температурних параметрів росту кристалів та швидкості масопереносу.

Дослідження масопереносу селеніду цинку проводилось в експериментальній установці, конструкція якої наведена на рис. 1. Вона складалася з кварцового випаровувача 1 з

діафрагмою 2, склографітової підкладки 3, кварцового кожуха 4, вакуумного поста 5 та двозонної печі 6.

Перед проведенням дослідів складові елементи реакційної камери обробляли

- травленням в суміші HNO_3 , HCl (3 : 1);
- промиванням деіонізованою водою;
- прогрівом протягом години при температурі 500 К;
- дегазацією при температурі 1200 – 1300 К в динамічному вакуумі.

У досліді з вивчення масопереносу як вихідний матеріал використовувався ZnSe марки ОСЧ 12 - 4, пересублімований в динамічному вакуумі. Промисловий вихідний порошок ZnSe містить непрореаговані компоненти вихідного матеріалу, які при випаровуванні істотно впливають на стабільність параметрів технологічного процесу. Тому вказаний матеріал попередньо пересублімовували в динамічному вакуумі і надалі використовували як вихідний для проведення експериментальних досліджень. Кількість перенесеної речовини визначали за втратою маси завантаженого матеріалу. Дослідження проводили у модифікованій двозонній системі СДД-125/1, для керування температурним профілем якої використовували регулятори температури РЕПІД-1М, що забезпечувало точність підтримування температури в зонах $\pm 1^{\circ}$.

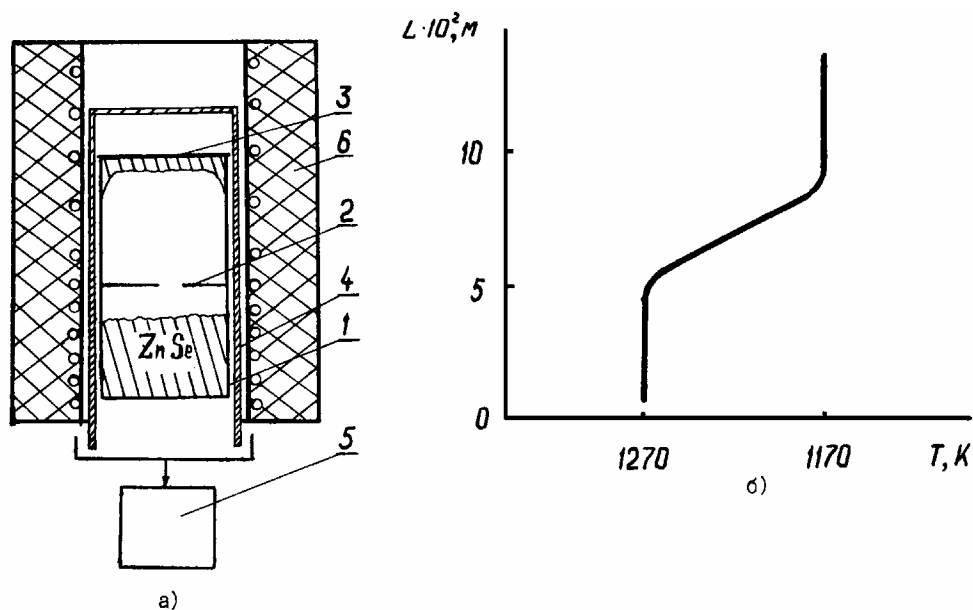


Рис.1. Експериментальна установка для дослідження масопереносу ZnSe.

а) схема; б) температурний профіль печі:

- 1 – випаровувач; 2 – діафрагма; 3 – підкладка; 4 – кварцовий кожух;
5 – вакуумний пост; 6 – двозонна піч

Досліди з вивчення температурної залежності швидкості масопереносу проводили в такій послідовності: у кварцовий випаровувач (рис. 1) завантажували контрольовану кількість пересублімованого ZnSe, закривали підкладкою, встановлювали в кварцовий кожух, вакуумували до 10^{-5} Тор і поміщали в попередньо нагріту піч. Протягом експерименту вакуум в реакторі підтримували сталим за допомогою неперервного відкачування.

На рис. 2 наведена експериментальна залежність швидкості масопереносу від температури (розбіжність результатів експериментів за однакових умов не перевищувала 5%).

Встановлено, що в діапазоні температур 1100...1400 К швидкість масопереносу експоненційно залежить від температури зони джерела. При температурах, нижчих 1100 К, перенос речовини незначний, тому осадження доцільно проводити при вищих температурах.

Для керування швидкістю масопереносу важливо не тільки визначити кількісні характеристики процесу, але й дослідити його механізм.

У розглянутій конструкції реакційної камери, яка є модифікованою коміркою Кнудсена, перенесення селеніду цинку здійснюється при дисоціативній сублімації матеріалу в зоні джерела та осадженні на підкладку. При цьому можливі два механізми масопереносу: молекулярний та газодинамічний [1]. Розраховані за методикою [2] значення довжин вільного пробігу атомів цинку та молекул селену в температурному інтервалі 1100...1400 К наведені в таблиці. Довжини вільного пробігу атомів цинку та молекул селену у вказаному температурному інтервалі на 2..3 порядки менші від геометричних розмірів реакційної камери, що свідчить про відсутність молекулярних потоків.

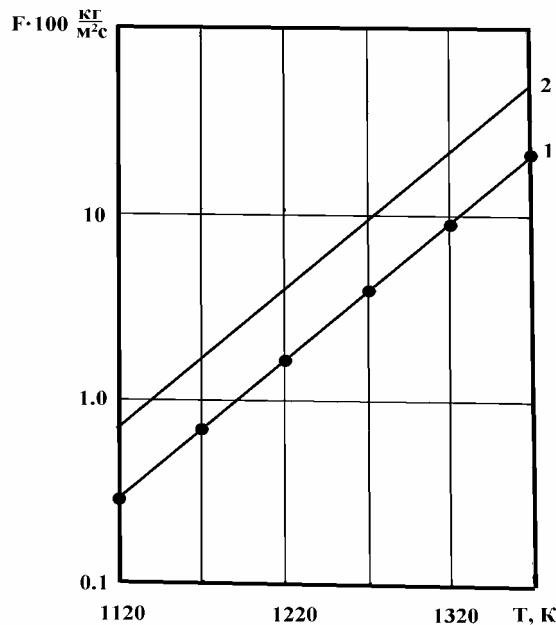


Рис. 2. Температурна залежність питомого потоку селеніду цинку.
1 – експериментальна; 2 – теоретична

**Довжини вільного пробігу атомів цинку та молекул селену,
розраховані за методикою [2]**

Довжина вільного пробігу, м	Температура, К				
	1173	1223	1273	1323	1373
L_{Zn}	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
L_{Se}	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$

Отже, перенесення сублімованої речовини здійснюється газодинамічним потоком, який з достатнім наближенням описується рівнянням Бернуллі:

$$\Delta p = \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

де Δp – різниця рівноважних тисків у зоні джерела та кристалізації; ρ – густина газу; v – швидкість потоку.

При вибраному градієнті температур (20 гр./см) рівноважні тиски цинку і селену в зоні джерела і кристалізації відрізняються на порядок. Для оцінки параметрів газодинамічного потоку сублимованого ZnSe різницю тисків приймали однаковою з тиском в зоні джерела, нехтуючи рівноважними тисками в зоні кристалізації. Враховуючи рівняння стану газів та рівняння Бернуллі, значення газового потоку можна записати у вигляді:

$$F = p \sqrt{\frac{2\mu}{RT}} \quad (2)$$

де: μ – молярна маса газу; R – універсальна газова стала; T – температура зони джерела; p – рівноважний тиск в зоні джерела.

Результати оцінки температурної залежності потоку селеніду цинку наведені на рис. 2 (крива 2). Розраховані дані, незважаючи на прийняті допущення, добре узгоджуються з експериментальними результатами. Це свідчить про те, що в дослідженому діапазоні температур при даній конструкції реактора потік селеніду цинку добре описується рівнянням (2) і характеризується як конвективний.

Одержані результати свідчать, що для даної конструкції реактора і температурного діапазону визначальний вплив на масоперенос та властивості вирощених кристалів ZnSe має температура зони джерела, що з урахуванням інших параметрів технологічного процесу [3] дозволяє отримати кристали селеніду цинку високої прозорості та променевої міцності.

1. Вакуумное нанесение пленок в квазизамкнутом объеме // Бубнов З.Ю., Лурье М.С., Старос Ф.Г. и др. М., 1975. 2. Зажигаев Л.С., Кишьян Ю.И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. М., 1978. 3. Білинський Ю.М., Калуш О.З., Лахоцький Т.В., Логуш О.І., Юречко Р.Я Керування розмірами зерен при осадженні селеніду цинку з газової фази // Вісник ДУ «Львівська політехніка», 1999, № 362, С. 115-117.

УДК 537.311.33

К.К.Товстюк

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра напівпровідникової електроніки

ТЕОРЕМА ПРО ОБЕРНЕННЯ СТАТИСТИЧНОЇ СУМИ У РОЗРАХУНКАХ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ВЕЛИЧИН ІДЕАЛЬНИХ ГАЗІВ

© Товстюк К.К., 2000

Розраховано основні термодинамічні величини ідеального газу (електронів фононів, фотонів та ін.) у загальному випадку через статистичну суму однієї частинки, а також для параболічного та непараболічного – як у шаруватих кристалах – законів дисперсії.