

## **МЕТОДИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ПЛІВОК ЛАЗЕРНИМ ВИПАРОВУВАННЯМ В СТАТИЧНОМУ ВАКУУМІ**

Розглянута методика та особливості вирощування напівпровідникових плівок елементарних та багатокомпонентних напівпровідників з використанням імпульсного лазерного випромінювання в умовах, які забезпечують чистоту технологічного процесу та сприяють збереженню їх стехіометрії.

Плівки напівпровідникових матеріалів є цікавими об'єктами для дослідження та використання в напівпровідниковому приладобудуванні. Це зумовлено тим, що в плівках або плівкових структурах виникає ряд явищ, які важко або неможливо реалізувати в масивних матеріалах. Якщо в попередні десятиріччя основні зусилля були зосереджені на розробці технології вирощування монокристалів та дослідження їх властивостей, то на протязі двох останніх десятиліть основна увага звертається на теоретичні і експериментальні дослідження плівок і плівкових структур (надграток), на основі яких уже практично виготовляють ряд нових приладів з унікальними властивостями. Ці дослідження вимагають розробки нових або вдосконалення традиційних методів вирощування плівок, використання складного технологічного обладнання та підвищення контролю якості шарів на атомарному рівні [1].

Сьогодні для одержання плівок широко використовується метод лазерного напилення [2]. Цей метод дозволяє отримувати плівки заданого складу, причому процес випаровування є майже безінерційним. Тому в порівнянні з термічним напиленням, усувається взаємодія розплаву з матеріалом човника або тигля, яка

приводить до забруднення матеріалу. В порівнянні з катодним розпиленням, яке проводиться при тиску інертного газу  $10^{-1}$  -  $10^{-3}$  мм рт. ст., де не усувається взаємодія розпилюваного матеріалу з атомами залишкових газів, лазерне розпилення проводиться у високому вакуумі. При цьому товщину плівок можна регулювати шляхом зміни тривалості дії лазерного випромінювання.

Важливим фактором, який впливає на чистоту процесу отримання плівок та їх властивостей є тиск залишкових газів в робочій камері. Він залежить від кількості газу, який поступає із зовні при натіканні і швидкості відкачування. Тому відбувається вдосконалення вакуумних установок з метою пониження тиску в робочому об'ємі. Основним недоліком таких вакуумних систем є натікання, яке проходить неперервно і тому постійно відбувається забруднення плівок натікаючими газами. Причому, чим вищий вакуум можна отримати в установці, тим більша її вартість, зростають енергозатрати для одержання та підтримання такого вакууму.

Щоб позбутись основного недоліку динамічних вакуумних систем, нами запропонована і розроблена методика отримання плівок за допомогою лазерного випаровування в умовах статичного вакууму [3]. Статичний (при якому відсутнє натікання повітря із зовні) вакуум можна отримати в замкненому (запаяному) об'ємі при умові, що крізь його стінки не натікає повітря (газ). Схема камери (ампули), в якій створювався статичний вакуум, представлена на рис. 1. Камера 1 для напилення плівок складається з двох об'ємів, розділених невеликим звуженням. В нижній частині камери знаходиться титанова пластинка 2, при розпиленні якої лазером на її стінках утворюється титанова плівка, яка виконує роль гетера. У верхній частині розміщена мішень 3, яка закріплена на мішенетримачі 4. При одержанні плівок різних матеріалів на одній підкладці або для нанесення захисного покриття отриманої плівки, випаровувальні матеріали розміщуються на поверхні тримача і розділяються між собою перегородкою для виключення попадання пари однієї речовини на другу в процесі проведення напилення.

Відстань між мішенню і підкладкою 5, яка закріплена на тримачі підкладки 6, регулюється за допомогою стійок 7. Форма плівки задається маскою 8, яка може переміщатись по стійках за допомогою постійних магнітів (на малюнку не зображені). Діаметри тримачів підкладки та мішені близькі до внутрішнього діаметра ампули. Для підігріву підкладки

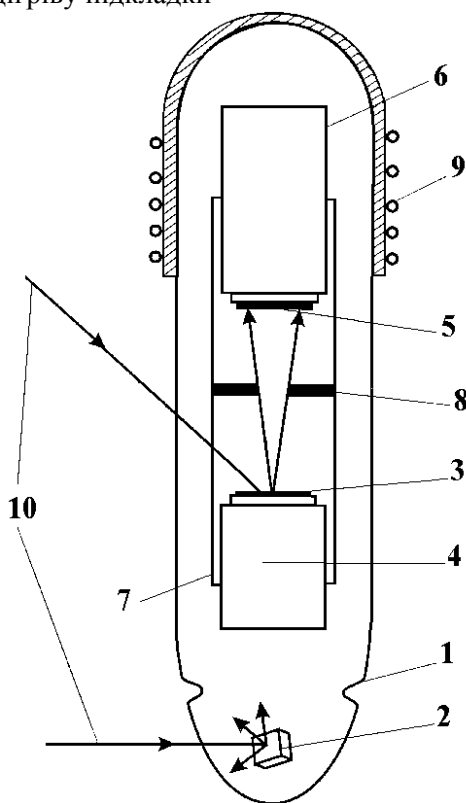


Рис. 1. Пристрій для отримання плівок за допомогою лазерного випаровування в статичному вакуумі.  
 1 - камера (ампула), 2 - титан, 3 - мішень, 4 - мішенетримач,  
 5 - підкладка, 6 - підкладкотримач, 7 - стійка,  
 8 - маска, 9 - пічка, 10 - лазерне випромінювання.

підкладки використовувалась проградуйована піч 9 з резистивним нагрівом, яка намотана на ковпак з кварцу. Проведені спеціальні експериментальні дослідження залежності температури підкладки від температури пічки при тиску в ампулі  $10^{-4}$  мм.рт.ст. показали, що теплова рівновага між пічкою та підкладкою досягалась на протязі 20 хвилин, після того як пічка була виведена на заданий температурний режим. Температура контролювалася термопарою, яка знаходилась між обмоткою пічки та її каркасом.

В наших дослідженнях вакуум створювався в “пірексових” ампулах. Як показали попередні дослідження, скло марки “пірекс” є прозорим для лазерного випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda=1,06$  мкм і при тривалому опроміненні не зазнає істотних змін (руйнування). Як відомо [4], крізь скляні стінки не відбувається натікання атмосферних газів, тому створений тиск в ампулі може зберігатись як завгодно довго, без додаткових енергозатрат. При потребі можна використовувати ампули з кварцу, який прозорий в УФ області спектру, і може витримувати більш високу температуру, необхідну для підігріву підкладки.

Ампула відкачувалась магніторозрядним насосом до тиску  $5 \cdot 10^{-6}$  мм.рт.ст. або дифузійним насосом з азотною виморожуючою пасткою, до тиску  $2 \cdot 10^{-5}$  мм.рт.ст. і запаювалась. Відомо [4], що при температурі  $200-250^{\circ}\text{C}$  з стінок пірексового скла відбувається інтенсивне газовиділення адсорбованих газів, тому ампули при відкачуванні на вакуумному насосі перед запаюванням прогрівались за допомогою газової горілки до вказаної температури, з метою усунення адсорбованих газів зі стінок ампули. Подальше підвищення вакууму досягалось шляхом розпилення титанового гетера, який інтенсивно поглинає кисень і азот [5]. Таким чином, тиск в ампулі, за розрахунками, проведеними Чернишем [6], досягає величини  $10^{-7} - 10^{-9}$  мм.рт.ст., це підтверджується вимірами, проведеними за допомогою припаяного до ампули іонізаційного манометра ПМИ - 2 (рис.2). Використання різних вакуумних насосів для створення попереднього вакууму не впливало на властивості плівок, так як однаковий кінцевий тиск в ампулі досягався шляхом розпилення різної кількості титану. Слід відзначити, що при

розпиленні гетера при тривалості імпульсу більше, ніж 2 мкс, при  $P_{\text{імп}}=170$  Вт/ім пірексові ампули можуть руйнуватись від перегріву. Це пояснюється тим, що титанова плівка при більшій енергії лазерного випромінювання може містити включення крапель титану, які, осідаючи на холодні стінки ампули в місці проходження променя, спікаються з нею, утворюючи сильно поглинаючий шар, що приводить до руйнування ампул.

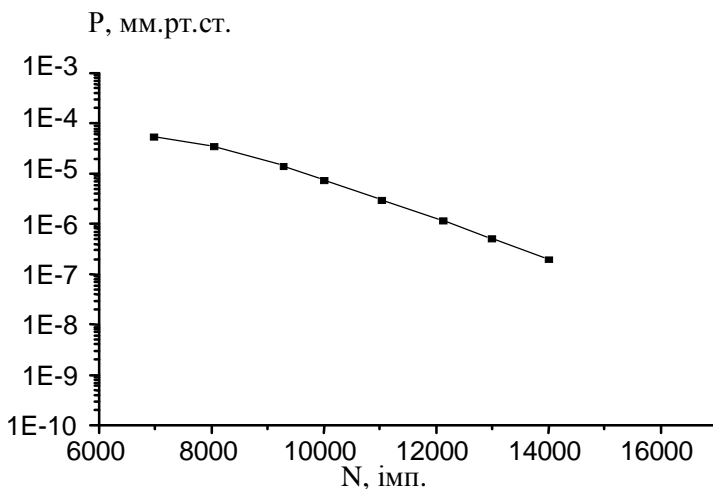


Рис. 2. Залежність тиску в робочій камері від кількості імпульсів лазерного випромінювання з параметрами  $t_{\text{ім}}=1,5$  мс,  $P=170$  Вт/ім при розпиленні гетера (Ti).

Проведені експериментальні дослідження показали, що для отримання рівномірних за товщиною плівок, поверхня мішені, з якої проводиться випаровування повинна бути паралельною площині підкладки. При одержанні плівок напівпровідникових матеріалів спостерігається ревіпаровування матеріалу з стінок ампули, тому не відбувається утворення поглинаючого шару. Під дією лазерного випромінювання стінки ампули очищаються в місці його проходження.

За допомогою даної методики, вирощені полікристалічні та

текстуровані плівки елементарних, бінарних та потрійних напівпровідникових сполук: Te, CdSb, In<sub>4</sub>Se<sub>3</sub>, PbTe, InBi<sub>x</sub>Sb<sub>1-x</sub>, Cd<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Se і Cr<sub>x</sub>Hg<sub>1-x</sub>Se. Вимірювання температурної залежності кінетичних коефіцієнтів показало ідентичність графіків  $\lg\sigma=f(10^3/T)$ ,  $\lg R=f(10^3/T)$  плівок і випаровувального матеріалу.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки.- М.: Мир, 1989.- 240с.
2. Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов.-М.: Мир, 1988.-504 с.
3. Грицок Б.Н.,Ничий С.В. Получение пленок лазерным испарением в условиях статического вакуума // ПТЭ.-1997.- №2.-С.144-145.
4. Касуэл Х.Л. Оборудование для испарения материалов в сверхвысоком вакууме и анализ остаточных газов. // Г.Хасс. Физика тонких пленок. т.1.- М.: Мир, 1967.-С.19-90.
5. Быков В.Д., Филимонов С.А., Ласников В.М. Плазменные нераспыляемые газопоглотители в производстве изделий электронной техники // Обзоры по электронной технике.-1985.-серия 7, 7.-С.62.
6. Йорши А.Е., Кацман Я.А., Птицын С.В., Шейнгаузен А.А.. Основы технологии производства электровакуумных приборов.- Ленинград: Энергия, 1971.-312с.

#### SUMMARY

#### **VOLYANSKA T.A., GRITSYUK B.N., NICHYIY S.V. METHOD AND PECULIARITIES OF THE GROWING OF THE FILMS BY THE LASER EVAPORATION IN THE STATIC VACUUM.**

It's shown the method and the peculiarities of the growing of the semiconductor films of the elementary and polycomponent semiconductor by the use of the laser radiation in the conditions which ensure the cleanness of the technological process and promote the preservation of their stehyometri.