

ФОТОЕМНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ZnS

С. І. Іващенко¹, А. В. Гільчук¹, Ю. Ю. Бачеріков², А. Г. Жук², Р. В. Курічка²

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Фізико-технічний інститут

²Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України

Анотація

На сьогоднішній день є актуальною тема використання напівпровідникових високодисперсних матеріалів на основі ZnS. В даній роботі розглянуто модернізацію експериментальної установки по визначенню фотоємнісних характеристик даного матеріалу. Приведено отримані результати та їх аналіз для тестового зразку на основі високодисперсного ZnS, одержаного методом самопоширюваного високотемпературного синтезу.

Ключові слова: ZnS, люмінесценція, фотоємнісні характеристики, автоматизація, Arduino

Вступ

Напівпровідникові матеріали типу A^2B^6 представляють значний інтерес для дослідників в зв'язку з широкими можливостями їх практичного застосування в якості випромінюючих структур, фотоприймачів, п'єзоелектричних перетворювачів, газових сенсорів, варисторів, оптоелектронних функціональних елементів, тощо. Особливе місце серед таких з'єднань займає сульфід цинку ZnS. Цей матеріал має високу радіаційну, хімічну та термічну стійкість, значну ширину забороненої зони (порядку 3.7 eV), широке застосування в промисловості та техніці. Зокрема, люмінофори на основі сульфиду цинку використовуються при виробництві люмінесцентних ламп [1]. Легування сульфиду цинку різними домішками дозволяє отримати матеріали, які випромінюють в різних областях видимого спектру, що використовується для виробництва дисплеїв на квантових точках [2, 3].

У сонячній енергетиці перспективними для застосування є покриття на основі тонких плівок сульфиду цинку, вони мають значний потенціал застосування у каскадних фотоперетворювачах у якості буферного шару, а також у гетероструктурах типу ZnO/ZnS для збільшення оптичної абсорбції [4]. Також фотокаталізатори на основі ZnS можуть застосовуватись у реакціях розкладу води для водневої енергетики та в інших сферах.

Важливо вміти вимірювати характеристики отриманих матеріалів, зокрема фотоємнісні характеристики. За необхідності часто робити виміри, автоматизація установок для вимірів є важливою задачею.

Метою даної роботи була модернізація установки по визначенню фотовольтаїчних характеристик високодисперсних матеріалів на основі ZnS.

1. Матеріали та експериментальна установка

Традиційними методами отримання сульфиду цинку: з газової фази, з водних розчинів при підвищених тисках та температурах, зі столу [5].

В більшості випадків традиційними методами отримують напівфабрикат, який потрібно належним чином довести до придатного для використання стану, шляхом травлення, відпалювання, промивання, покриття захисним шаром, тощо. Тому доцільним є використання методу високотемпературного синтезу, що самопоширюється (СВС), який дозволяє отримувати якісний ZnS більш технологічно простим шляхом [6].

Високотемпературний синтез, що самопоширюється – це процес розповсюдження хвилі хімічної реакції по суміші реагентів з утворенням твердих продуктів. СВС являє собою режим протікання особливої екзотермічної реакції, що не потребує кисню. В такому процесі тепловиділення локалізовано в певному шарі суміші та передається між шарами суміші шляхом теплопередачі [7]. Технологія заснована на спалюванні вихідних сумішей (шихт) у середовищі інертного або реагуючого газу, повітря або у вакуумі. Спалювання проводиться у спеціальних реакторах ємністю від одного до декількох десятків літрів. Продукти горіння можуть бути отримані у вигляді порошку, злитку або спікання з наступною хіміко-термічною або механічною обробкою, розсівом, тощо.

Метод СВС дає можливість одержання матеріалу з потрібними параметрами шляхом контролю умов синтезу, таких як тиск, температурна ініціація, тощо [6].

Експериментальна установка для проведення фотоємнісних вимірів дозволяє:

- 1) Проводити дослід великої кількості зразків при однакових умовах за малий проміжок часу.
- 2) Проводити виміри та реєстрацію залежностей ємностей, тангенса кута діелектричних втрат та провідності від інтенсивності падаючого на зразок випромінювання.
- 3) Проводити реєстрацію релаксації ємнісних характеристик та діелектричних втрат, після знання падаючого випромінювання, за визначений проміжок часу.
- 4) Проводити виміри залежності ємнісних характеристик від частоти струму.

Спрощена структурна схема установки зображена на рис. 1.

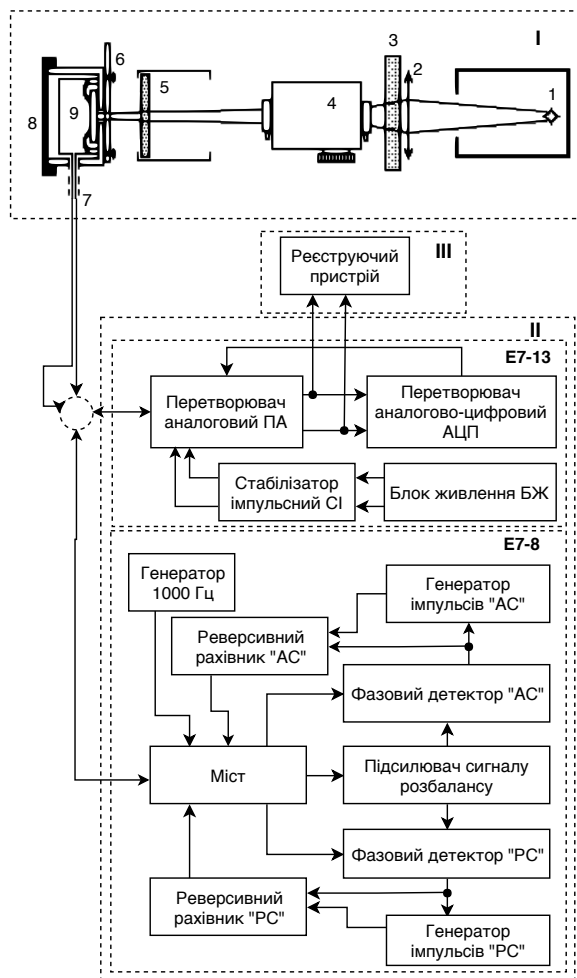


Рис. 1. Структурна схема установки для фотоемнісних вимірів.

Установка складається з трьох основних блоків:

- i) Оптичний блок
- ii) Блок вимірів та індикації
- iii) Блок реєстрації вимірів.

Оптичний блок включає в себе: джерело випромінювання (1), фокусуючу лінзу (2), фільтр інфрачервоного випромінювання (3), монохроматор УМ (4), блок змінних «сірих» фільтрів (5), пристрій для експрес-аналізу (9). Пристрій (9), з досліджуванним матеріалом поміщається в екранований від зовнішнього електромагнітного впливу металевий тубус (7) з віконцем в верхній частині, яке щільно закри-

вається непрозорою рухомий ширмою (6). Усередині тубуса на ізоляторі закріплені пружинні контакти, екрановані дроти від яких проходять в отвір в стінці тубуса. Тубус встановлюється на приладовий стіл в гнізді (8) строго віконцем у фокусі лінзи.

Блок вимірів та індикації виконує виміри ємності зразків з втратами по паралельній схемі заміщення в вигляді тангенса кута діелектричних втрат чи активної провідності, активної провідності з паралельною реактивною складовою, вираженою в формі додатньої чи від'ємної ємності.

Блок реєстрації вимірів в установці до модернізації складався з двокоординатного реєструючого пристрою ПДА - 1. Але аналоговий реєструючий пристрій не дає змоги ефективно проводити аналізи отриманих результатів за допомогою комп'ютерної техніки, за необхідності переносити значення з міліметрового паперу. Тому було прийнято рішення по модернізації установки - дані, що поступають з блоку вимірів та індикації, передавати до комп'ютера, використовуючи мікропроцесор Arduino в якості посередника процесу.

Опис пристрою для експрес-аналізу матеріалів:

Пристрій призначений для дослідження оптичних та електричних властивостей порошкових, плівкових чи рідких діелектричних та напівпровідникових матеріалів. Структурна схема приведена на рис. 2

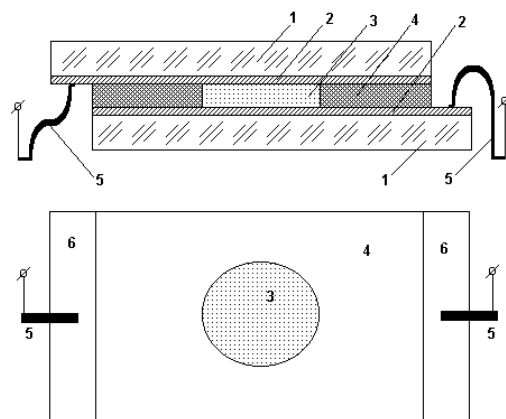


Рис. 2. Структурна схема пристрою для експрес-аналізу діелектричних та напівпровідникових матеріалів.

Пристрій являє собою розбірний конденсатор, між електродами якого розміщується досліджуваний матеріал. У приладі електродами виступають дві оптично прозорі пластини (1) з нанесеним на них струмопровідним покриттям (2), яке також оптично прозоре в діапазонах довжин хвиль видимого випромінювання. Пластинки розміщені провідними покриттями один до одного і зміщені таким чином, що протилежні виступаючі краї з струмопровідними покриттями слугують місцем контактів (6) для подачі напруги і вимірювання ємнісних характеристик. Відстань між електродами регулюється товщиною діелектричної полімерної плівки (4), яка нанесена на всю площу конденсатора, за винятком контактних майданчиків

і яка має одне або кілька наскрізних технологічних отворів для нанесення досліджуваного матеріалу (3). Пристрій з поміщеним в технологічний отвір досліджуваним матеріалом фіксується струбциною і за допомогою пружинних контактів (5) підключається до джерела живлення і вимірювальних приладів.

2. Результати модернізації та обговорення

Головним управляючим елементом в оптичному блоці є шаговий двигун, котрий повертає дифракційну решітку, змінюючи цим довжину хвилі падаючого на зразок випромінювання. Для задання кроків шаговому двигуну, було зроблено драйвер на біполярних транзисторах, який комутує струм близько 3 А, необхідний для роботи двигуна, отримуючи цифрові команди з мікроконтролера Arduino через логічну мікросхему K155ЛН1.

З блоку вимірів та індикації цифровий сигнал, отриманий в штатних АЦП, передається напряму до пінів Arduino. Програмний код на Arduino переводить отриманий бінарний код в десяткову систему числення та передає комп'ютеру для візуалізації та зберігання.

В результаті ми отримали зв'язуючий елемент між експериментальною установкою та комп'ютером, який, шляхом незначних змін, можна використовувати в поєднанні з будь-якими вимірюючими пристроями, якщо в них наявний АЦП.

Результати виміру для тестового зразку ZnS, одержаного методом високотемпературного синтезу, що самопоширюється, з використанням Марганцю (Mn) в якості легуючої домішки при його концентрації 1.5 ваг.%, наведено на рис. 3 - 4.

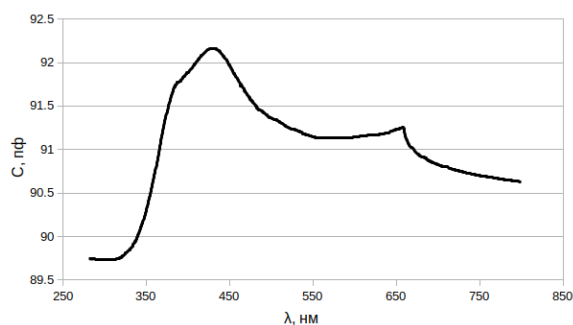


Рис. 3. Залежність фотоемності тестового зразку ZnS від довжини хвилі падаючого випромінювання.

Маючи залежності ємності та тангенсу кута діелектричних втрат від довжини хвилі падаючого випромінювання можемо отримати залежність фотопровідності від довжини хвилі – рис. 5.

Висновки

Було проведено модернізацію експериментальної установки по визначенню фотovoltaїчних характеристик високодисперсних матеріалів на основі ZnS. Модернізація підвищила швидкість та гнучкість вимірювань фотovoltaїчних характеристик на експериментальній установці.

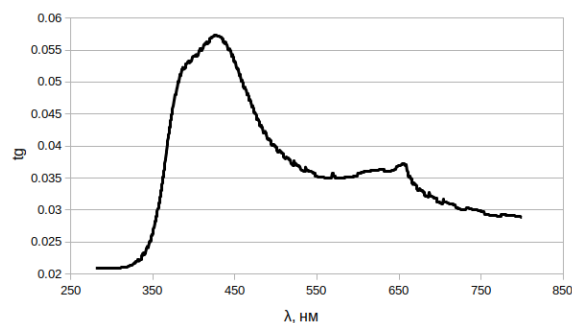


Рис. 4. Залежність тангенсу кута діелектричних втрат тестового зразку ZnS від довжини хвилі падаючого випромінювання.

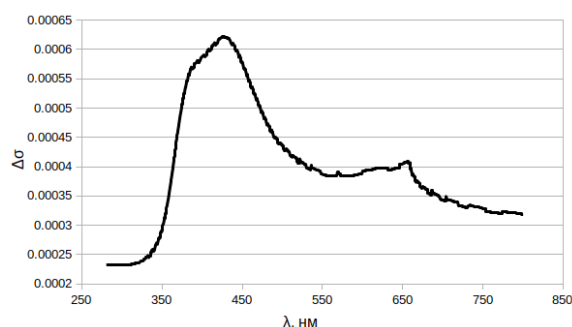


Рис. 5. Залежність фотопровідності тестового зразку ZnS від довжини хвилі падаючого випромінювання.

Напрацьовані програмні коди та підхід по автоматизації експериментальних установок можуть бути використані для покращення інших вимірювальних пристроїв, що дасть більше часу для аналізу та обробки отриманих експериментальних даних науковими співробітниками, зменшивши тривалість рутинних дій по проведенню експерименту.

Перелік використаних джерел

1. Спектральные характеристики светодиодов Au-ZnS / Н. В. Горбенко, М. А. Танатар, Н. К. Шейнкман, И. А. Юрченко // Физика и техника полупроводников. — 1988. — Т. 22, № 11. — С. 1915–1918.
2. L. Yan, J-Y. Zhang, Y. Cui, et al. // Applied Physics Letters. — 2007. — Vol. 91. — P. 243–245.
3. W. K. Bae, M. K. Nam, K. Char, et al. // Chem. Mater. — 2008. — Vol. 20, no. 16. — P. 5307–5313.
4. Schrier J., Demchenko D.O., Wang L.-W. Optical Properties of ZnO/ZnS and ZnO/ZnTe Heterostructures for Photovoltaic Applications // Nano Lett. — 2007. — Vol. 7. — P. 2377–2382.
5. Морозова Н. К., Кузнецов В. А. Сульфид цинка. Получение и оптические свойства. — Москва : Наука, 1981.
6. Smith P. L., Martin J.E. The high-pressure structures of zinc sulphide and zinc selenide // Phys. Lett. — 1965. — Vol. 19, no. 7. — P. 541–543.
7. Амосов А. П., Боровинская И. П., Мержанов А. Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов. — Москва : Машиностроение-1, 2007.