

5. Lebedev, A.B. Amplitude-dependent elastic-modulus defect in the main dislocation-hysteresis models. *Phys. Solid State*, 1999/ Vol. 41, No. 7. P. 1105–1111. URI: <https://doi.org/10.1134/1.1130947>
6. . Glagovskii B.A., and Moskovento I.B. Low-Frequency Acoustic Methods in Machine Building, M.: Mashinostroenie, 1977. 235 p.
7. Voitenko F., Skripnik Yu.D., Solov'yov N.G., and Nadezhdina G.N. Effect of the Stress on Static Young's Modulus of a Number of Structural Materials. *Strength of Materials*. 1982, No. 11. 83–85
8. Borodkina M.M., and Spector E.N. X-ray Diffraction Analysis of Textures in Metals and Alloys. M.: Metallurgiya, 1982. 2722 p.
9. Honeycombe R.W.K. The Plastic Deformation of Metals. London: Edward Arnold [etc.], 1984.

УДК 621.315.592

ВПЛИВ РЕЖИМІВ СУЛЬФІДНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ НА СПЕКТРИ ФОТОСТРУМУ СЕНСОРІВ ПАРІВ АМІАКУ НА ОСНОВІ АРСЕНІДУ ГАЛІЮ

студ. 2-го курсу магістратури Єрємін О. В.¹,

Наукові керівники: к.ф-м.н. доц. Маслєєва Н. В.¹, асистент Богдан О. В.²

¹ *Одеський національний університет імені І. І. Мечникова*

² *Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Актуальність дослідження. Аміак є одним з найбільш токсичних газів, який виділяється у навколишнє середовище при спорудженні бетонних конструкцій із застосуванням антиморозних складових, що містять карбамід. Додаткове підвищення концентрації аміаку відбувається при зростанні якості будівництва, яке супроводжується збільшенням ізоляції приміщень від оточуючого середовища і зниженням їхньої вентиляції. Тому існує гостра необхідність контролювати вміст аміаку в атмосфері, як у процесі будівництва, так і після передачі його до експлуатації. Сучасні сенсори парів аміаку на основі оксидів мають недостатньо високу чутливість і потребують додаткового підігріву. Р – п переходи на основі арсеніду галію, які можна використати в якості таких сенсорів, мають більшу чутливість і працюють при кімнатній температурі [1]. Додатково підвищити їх чутливість до парів аміаку можна за допомогою сульфідної обробки поверхні [2]. Вибір тривалості обробки можна здійснити і контролювати при вимірюванні спектрів фотоструму структур.

Стан проблеми. Сульфідна обробка поверхні зазвичай проводиться у спиртових або водних розчинах сульфідів натрію [2]. На першому етапі такої обробки з поверхні видаляється шар оксидів. На другому етапі відбувається утворення шару сульфідів галію Ga_2S_3 . Дослідження показують, що стійкість утвореного покриття вище після обробки у водних розчинах сульфідів натрію.

Вплив режимів сульфідної обробки поверхні на фотоелектричні властивості р-п-переходів на основі GaAs досліджено недостатньо.

Мета роботи. Для вибору оптимального режиму сульфідної обробки поверхні провести дослідження впливу тривалості обробки у водному розчині Na_2S на спектри фотоструму р-п-переходів на основі GaAs.

Отримані результати. Для дослідження впливу режимів сульфідної обробки використовувалися промислові арсенід-галієві діоди, леговані кремнієм та телуrom. У таких діодів підкладкою є GaAs n-типу, легований телуrom. На підкладку при високих температурах епітаксійно нарощується новий шар n-типу, який також легується телуrom і кремнієм, але до більш високих концентрацій донорів (приблизно до $5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$). Кремній для GaAs є амфотерною домішкою. При високих температурах він замінює у вузлах кристалічної ґратки галій і виступає в якості донора. Для створення р-області температуру знижують. При зниженні температури кремній заміщує миш'як і виступає у ролі акцептора. Це призводить до створення р-п-переходів. Омічні контакти до отриманих структур виконувалися нанесенням сплаву Au–Ni.

Для отримання спектрів фотоструму використовувалося світло від галогенової лампи, яке за допомогою лінзи фокусували на вхідну щілину універсального малогабаритного монохроматора МУМ-1. Світловий потік модулювався переривником з частотою імпульсів 150 Гц. З вихідної щілини монохроматора випромінювання за допомогою лінзи фокусувалося на досліджуваному діоді. Електричний сигнал, який з'являвся на навантажувальному опорі, було виміряно за допомогою селективного вольтметра В6-4.

Отримані за такою методикою спектри фотоструму I_{ph} залежать не лише від характеристик самого досліджуваного діода, але й від кількості N квантів світла певної енергії E , що падають на його поверхню. Їхня кількість, у свою чергу, залежить від спектра випромінювання джерела освітлення. Оскільки величини фотоструму прямо пропорційні кількості падаючих на поверхню діода квантів світла, можна привести функцію $I_{ph}^I(E, N)$ досліджуваного діода до функції $I_{ph}^{II}(E, N)$ деякого іншого діода

$$f(E) = \frac{I_{ph}^I(E, N)}{I_{ph}^{II}(E, N)} \quad (2.1)$$

В цьому випадку ми отримуємо спектр фотоструму, що не залежить від N . Такий спектр називається приведеним до спектра іншого діода $У$ нашому випадку використовувався спектр германієвого діода, який залежить від E в інфрачервоному діапазоні майже лінійно (рис.1).

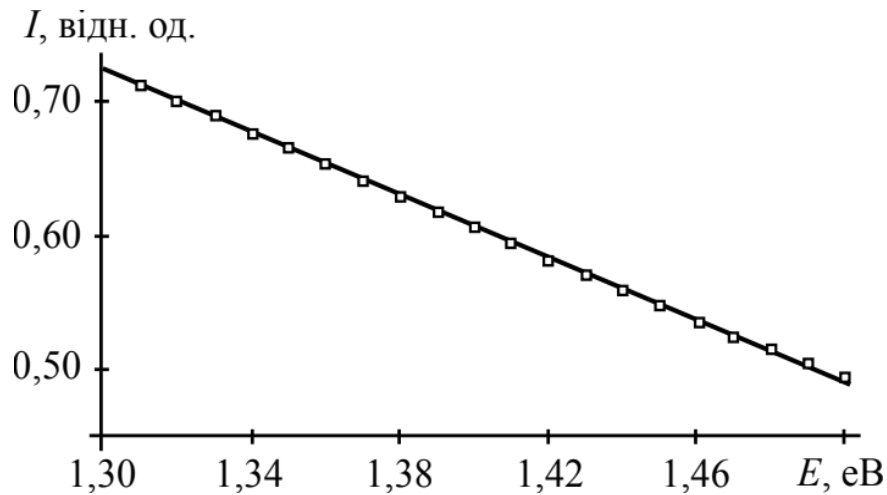


Рис. 1. Нормований спектр фотоструму германієвого діода при ширині щілини монохроматора 0,2 мм.

На рис. 2 зображено спектри фотоструму арсенід галієвого діода $f(E)$ до (крива 1) та після сульфідної обробки (криві 2, 3, 4, 5), приведені до спектру германієвого діода і нормовані на максимум фотоструму арсенід галієвого діоду до обробки.

З рис. 2 видно, що максимум інтенсивності випромінювання діода до і після сульфідної обробки спостерігається при енергії збуджуючих квантів, яка дорівнює ширині забороненої зони GaAs при кімнатній температурі – 1,43 еВ. При менших енергіях квантів наявний фотострум, що пов'язується із ненульовою густиною станів у забороненій зоні. Спадання значень фотоструму після досягнення максимуму пов'язано із зменшенням коефіцієнту власного поглинання в короткохвильовій області.

Сумісний аналіз кривих 1, 2, 3 показує, що збільшення часу обробки до 40 с призводить до суттєвого зростання фоточутливості, зокрема у максимумі фотострум після 20 с обробки збільшився у 2,7 разів (крива 2), після 40 с – у 3,8 разів (крива 3). Це можна пояснити видаленням шару оксидів, що

супроводжується зменшенням густини поверхневих станів та швидкості поверхневої рекомбінації.

Як видно з рис. 2, при тривалішій сульфідній обробці величина фотоструму в інфрачервоній області спектру починає спадати. При обробці тривалістю 100 с (крива 5) ефект збільшення фотоструму був майже знівельований. Цей ефект пов'язаний зі збільшенням напружень між GaAs та Ga₂S₃ при утворенні більш товстого шару Ga₂S₃, що призводить до появи нових поверхневих дефектів, збільшення швидкості поверхневої рекомбінації і зменшення фоточутливості.

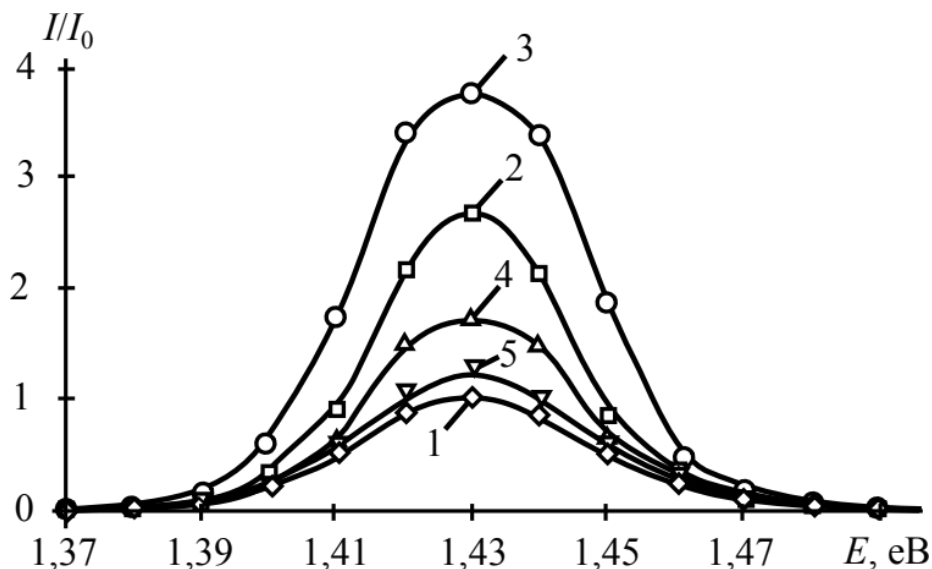


Рис. 2. Спектри фотоструму діодів на основі GaAs, виміряні до (1) та після (2, 3, 4, 5) сульфідної обробки загальною тривалістю: 2 – 20 с, 3 – 40 с, 4 – 60, 5 – 100 с

Висновки. Сульфідна обробка поверхні призводить до збільшення фоточутливості діодів на основі GaAs в інфрачервоній області спектру, що пояснюється зменшенням густини поверхневих станів і швидкості поверхневої рекомбінації при видаленні шару поверхневих оксидів. При цьому сульфідна обробка тривалістю до 40 с суттєво збільшує фотострум, у той час як вплив тривалішої обробки до 100 с є набагато меншим. Зменшення ефекту підсилення фоточутливості при довготривалій обробці пов'язано з появою механічних напружень між GaAs та Ga₂S₃ при утворенні товстішого шару Ga₂S₃, що спричиняє збільшення густини поверхневих станів і швидкості поверхневої рекомбінації. Отримані результати дозволяють оптимізувати тривалість сульфідної обробки поверхні діодів на основі GaAs як сенсорів парів аміаку.

Анотація

Досліджено вплив тривалості сульфідної обробки поверхні на спектри фотоструму діодів на основі GaAs. Встановлено, що така обробка призводить до збільшення фоточутливості в інфрачервоній області спектру. Найбільше підвищення фоточутливості спостерігалось при малих часах обробки тривалістю до 40 с, що пояснюється зменшенням густини поверхневих станів і швидкості поверхневої рекомбінації після видалення шару поверхневих оксидів. Зменшення ефекту підвищення фоточутливості при більш тривалій обробці пов'язано зі зміною спектру поверхневих станів і збільшенням швидкості поверхневої рекомбінації внаслідок появи механічних напружень між GaAs та Ga₂S₃ при утворенні більш товстого шару Ga₂S₃. Отримані результати дозволяють оптимізувати тривалість сульфідної обробки поверхні діодів на основі GaAs як сенсорів парів аміаку.

Summary

The influence of the duration of sulfide surface treatment on the photocurrent spectra of GaAs-based diodes was studied. It was established that such processing leads to an increase in photosensitivity in the infrared region of the spectrum. The greatest increase in photosensitivity was observed at short processing times of up to 40 s, which is explained by a decrease in the density of surface states and the speed of surface recombination after the removal of the surface oxide layer. The decrease in the effect of increased photosensitivity during longer processing is associated with a change in the spectrum of surface states and an increase in the speed of surface recombination due to the appearance of mechanical stresses between GaAs and Ga₂S₃ during the formation of a thicker Ga₂S₃ layer. The obtained results make it possible to optimize the duration of sulfide treatment of the surface of diodes based on GaAs as sensors of ammonia vapors.

ЛІТЕРАТУРА

1. О. Богдан, О. Птащенко, Ф. Птащенко, Н. Маслєєва Сульфідна активація р-п переходів на основі GaAs як газових сенсорів //ВІСНИК ЛЬВІВ. УН-ТУ Серія фіз. – 2010. Вип. 45. С. 177 – 181.
2. Н. В. Маслєєва, О. В. Богдан, Є. В. Бритавський, Д. В. Тарасевич, В. В. Шугарова Вплив режимів сульфідної модифікації поверхні на механізм проходження струмів та морфологію поверхні у р-п переходах на основі GaAs // Журнал фізичних досліджень, Т. 25, №3, 2021.