

УДК 535.15, 621.382.2

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ СЕНСОР ДЛЯ ПРИЛАДІВ ГАЗОВОГО АНАЛІЗУ

Кабачій В. М.

Мукачівський державний університет, Мукачево, Україна

E-mail: lab47@ukr.net

Стрімкий розвиток сучасних технологій та систем оптичного зв'язку вимагають принципово нових підходів до розширення елементної бази сучасної оптоелектроніки, що відкриває перспективи створення надшвидкодійних схем інтегральної оптоелектроніки, розробки нових та удосконалення існуючих елементів, компонентів, приладів і систем обробки, збереження та відображення оптичної інформації.

Для вирішення актуальних задач, пов'язаних з контролем різноманітних газових речовин в екології, біотехнології, медицині, фармакології, виробництві продуктів харчування та побуті необхідна розробка і широке впровадження сучасних портативних газоаналізаторів, а також більш дешевих і зручних систем оптичної реєстрації та обробки інформації про стан досліджуваного об'єкта. Ключовими елементами сучасних оптико-електронних сенсорів є світлодіоди (СД) та фотоприймачі (ФП) на їх основі. В останні роки параметри СД і ФП суттєво покращились, однак проблема підвищення зовнішнього квантового виходу СД та спектральної чутливості ФП в середній інфрачервоній області спектра та узгодженості їх спектральних характеристик залишається актуальною.

Мета досліджень – створення оптико-електронного сенсора з покращеними характеристиками для вимірювання концентрації газу за рахунок підвищення зовнішнього квантового виходу СД та спектральної чутливості ФП.

Досліджувались СД і ФП, активні елементи (АЕ) яких розміщувались на підкладці корпусів ТО-18 або SMD. Активні елементи СД і ФП виготовлені на основі гетероструктур з *p-n*-переходами на базі твердих розчинів InAs/ InAsSb /InAsSbP/. Вони працюють при кімнатній температурі в спектральному діапазоні 2,0-5,0 мкм, де розміщені смуги фундаментального поглинання газів, основних забруднювачів навколишнього середовища [1, 2].

Суттєве покращення світлотехнічних параметрів СД і ФП, досягнуто завдяки нанесенню на їх АЕ об'ємного оптичного покриття заданої форми. Розрахована форма оптичного покриття (напівсфера або параболічна поверхня обертання) дозволяє внаслідок відбивання світлового потоку, що попадає на границю поділу оптичне покриття – повітря під кутом меншим деякого критичного кута падіння для даного оптичного середовища, фокусувати його вздовж оптичної осі АЕ. В якості матеріалу для оптичного покриття

використано багатокомпонентні склоподібні сплави із халькогенідних систем (Ge, Pb)–(Ga, As, Sb,)–(S, Se). Халькогенідні стекла (ХС) прозорі в широкій області спектра оптичного діапазону із заданим показником заломлення, мають великий питомий опір, забезпечують хорошу адгезію до матеріалу АЕ та корпусу, узгоджуються з їх коефіцієнтами термічного розширення і технологічні у виготовленні.

Спектри випромінювання СД та фоточутливості ФП до та після нанесення об’ємного оптичного покриття заданої форми показані на рис. 1.

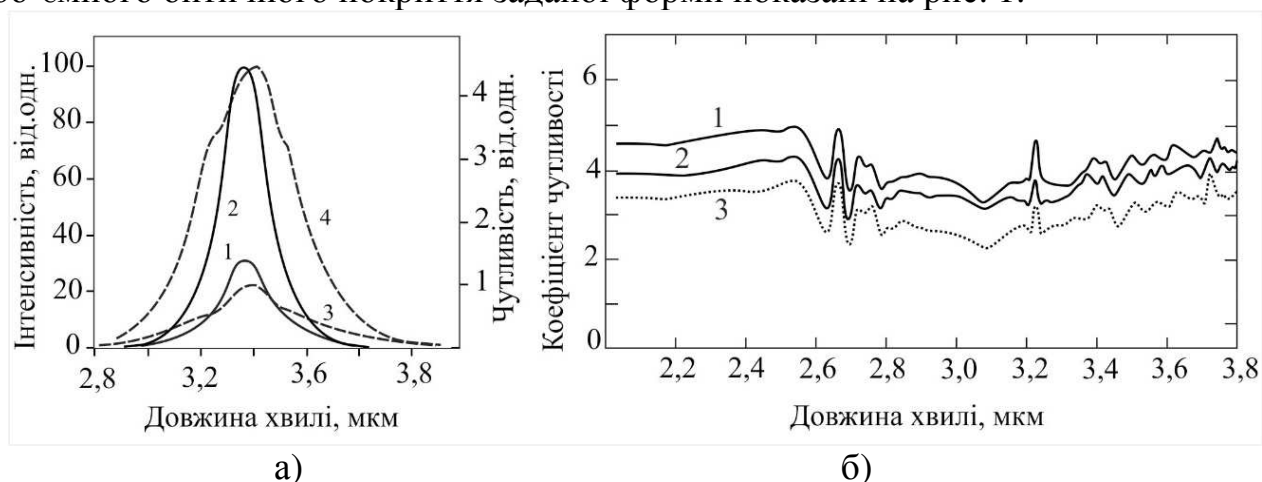


Рис. 1. Спектри випромінювання СД і фоточутливості ФП (криві 1, 3) до нанесення і (криві 2, 4) після нанесення оптичного покриття (а) та залежність чутливості ФП з довжиною хвилі в максимумі чутливості $\lambda_{\text{max}}=3,4$ мкм від довжини хвилі падаючого на нього випромінювання (б): криві 1-3 відповідають різним номерам зразків

Використання в якості матеріалів для об’ємного оптичного покриття багатокомпонентних склоподібних сплавів із халькогенідних систем (Ge, Pb)–(Ga, As, Sb,)–(S, Se) дозволило підвищити ефективність роботи СД і ФП щонайменше в 2,5–5,0 разів по відношенню до дискретних світлодіодів та фотоприймачів, що випускаються промисловістю в спектральному діапазоні 2,0-5,0 мкм.

Конструктивні та технічні особливості розроблених СД і ФП дозволили запропонувати конструкцію оптико-електронного сенсора у вигляді інтегруючої сфери для вимірювання концентрації аналізованого газу з врахуванням неселективних втрат випромінювання та температурної стабілізації (рис. 2).

Оптико-електронний сенсор працює наступним чином.

Випромінювання від СД 6 і СД 7 потрапляє в порожнину кювети 1 у вигляді інтегруючої сфери, де відбиваючись та розсіюючись від стінок та світлорозсіювального екрану 5, що попереджає потрапляння прямих променів від СД 6 і СД 7 на ФП 8, взаємодіє або з повітрям чи газом, який не поглинає випромінювання від СД 6 і АЕ 7 (при калібровці ФП 8), або з газом, що аналізується (при вимірюванні його концентрації). Водночас, на стінках сфери встановлюється певний рівень освітленості, що пропорційний послабленню випромінювання в аналізованому газі. Після цього випромінювання від СД 6 і

СД 7 потрапляє на ФП 8. Сигнал на виході ФП 8 пропорційний величині падаючого на нього потоку випромінювання, а зміна інтенсивності випромінювання при проходженні через аналізований газ і відповідно зміна сигналу на його виході є мірою концентрації аналізованого газу.

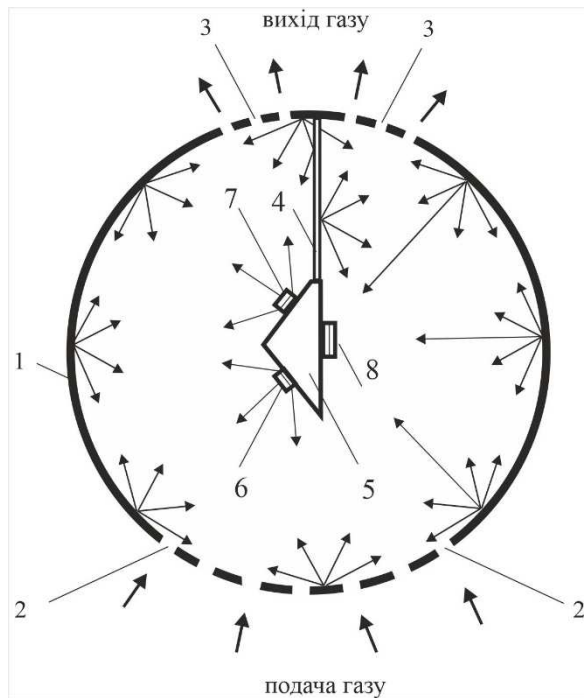


Рис. 2 Конструкція оптико-електронного сенсора для вимірювання концентрації аналізованого газу: 1 – корпус; 2, 3 – вхідний та вихідний отвори для проходження газу; 4 – дифузна розсіювальна світлова трубка; 5 – призмоподібна теплопровідна підкладка; 6, 7 – випромінюючі світлодіоди; 8 – фотоприймач

Світлорозсіювальний екран 5 у вигляді багатокутної правильної піраміди на своїх гранях містить СД 6 і СД 7, які здатні випромінювати в максимумах на довжинах хвиль узгоджених з довжиною хвилі в максимумі смуги власного поглинання аналізованого газу.

Модуляція світлового потоку забезпечується активацією СД змінним струмом величиною 200 мА та частотою до 100 кГц з тривалістю імпульсу 500 мкс.

Відношення сигнал/шум досягає не менше 100. Мінімальна вимірювана концентрація CH_4 у повітрі була не менше 200–250 ppm, а мінімально зафіксована концентрація CO_2 у повітрі складала 50–100 ppm.

Ключові слова: оптико-електронний сенсор, оптопара, світлодіоди, фотоприймачі, газовий аналіз, аналітичне приладобудування.

Література

- [1] М. А. Remennyi, N. V. Zotova, S. A. Karandashev, B. A. Matveev, N. M. Stus', G. N. Talalakin, "Low voltage episcide down bonded mid-IR diode optopairs for gas sensing in the 3,3–4,3 μm spectral range", *Sensors & Actuators B: Chemical*, vol. 91, no. 1–3, pp. 256–261, 2003.
- [2] А. П. Астахова, А. С. Головин, Н. Д. Ильинская, К. В. Калинина, С. С. Кижаяев, О. Ю. Серебренникова, Н. Д. Стоянов, Zs. J. Horvath, Ю. П. Яковлев, "Мощные светодиоды на основе гетероструктур InAs/InAsSbP для спектроскопии метана ($\lambda=3,3$ мкм)", *Физика и техника полупроводников*, т. 44, вып. 2, с. 278–284, 2010.



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>