



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **119736** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
H01L 21/00
H01L 31/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 02527	(72) Винахідник(и): Сльотов Михайло Михайлович (UA), Сльотов Олексій Михайлович (UA), Гавалешко Олександр Степанович (UA)
(22) Дата подання заявки: 20.03.2017	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.10.2017	(73) Власник(и): ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА, вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58002 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.10.2017, Бюл.№ 19	

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ ФОТОДЕТЕКТОРІВ НА ZnMgSe

(57) Реферат:

Спосіб отримання фотодетекторів, включає відпал кристалів ZnMgSe не гірше 10^{-4} Торр. Кристали твердого розчину ZnMgSe відпалюють у парі магнію при температурі 800-950 °C.

UA 119736 U

Корисна модель належить до технології виготовлення напівпровідникових детекторів, які можуть бути використані, зокрема, в різних системах обробки і передачі оптичних сигналів, діагностики та контролю оптичного випромінювання.

Велика ширина забороненої зони твердих розчинів ZnMgSe на основі селеніду цинку ($E_g=2,7$ еВ при 300 K) і прямі оптичні переходи зумовлюють можливість його використання для виготовлення ефективних приймачів оптичного випромінювання, зокрема фотодіодів. Для них можливості практичного використання визначаються як матеріалом, що використовується, так і створеного на його основі енергетичного бар'єру - р-п-переходи, діоди Шотткі, МДН-структури тощо.

Існуючі методи отримання різного типу фотодетекторів з відповідними бар'єрами передбачають складну технологію виготовлення з використанням різноманітних методів, що мають високу вартість [1]. У випадку II-VI матеріалів характерне для них явище самокомпенсації зумовлює додаткові ускладнення технологічних процесів виготовлення приладів [2]. За ним власні точкові дефекти кристалічної ґратки істотно перешкоджають зміни типу електропровідності. У випадку твердих розчинів ZnMgSe вказана особливість суттєво обмежує можливість отримання фотоелектричних приладів, хоча властивості і параметри базового матеріалу вказують на перспективність їх використання для отримання фотосенсорів на мало опанований синьо-фіолетовий та ультрафіолетовий оптичні діапазони.

Найбільш близькою до способу, що заявляється, є технологія легування кристалів $Zn_{1-x}Mg_xSe$ ($x=0,21$), яка полягає у наступному [3]. Вихідні кристали $Zn_{1-x}Mg_xSe$ відпалювали у парі легуючого елемента при температурі 977 °C (1250 K) протягом 120 годин. Ампули вакуумувалися. В якості легуючого елемента використовувався хром Cr^{2+} . У легованих зразках спостерігається нова смуга поглинання з максимумом на 1,855 мкм. Для порівняння досліджувався спектр оптичного пропускання кристалів ZnSe легованих Cr^{2+} при однакових умовах. Для них спостерігалася смуга поглинання з максимумом при 1,780 мкм. Присутність подібних смуг поглинання, але з різним положенням максимуму відповідно до хімічного складу базової речовини, інтерпретувалося як можливість використання кристалів $Zn_{1-x}Mg_xSe:Cr^{2+}$ в якості новітнього активного матеріалу для лазера на інфрачервоний діапазон.

Мета корисної моделі - спрощення та здешевлення технології отримання фоточутливого матеріалу на основі ZnMgSe, використовуючи зміну умов відпалу у парі магнію. При цьому з попередньо розглянутого матеріалу нізвідки не впливає, що використання магнію викликає утворення фоточутливої структури.

Поставлена задача вирішується тим, що відповідно до запропонованого рішення відпалюють кристали твердого розчину ZnMgSe у парі магнію у вакуумі не гірше 10^{-4} Торр при температурі 800-950 °C.

На Фіг. 1 наведено залежність фотоструму р-п-переходу, утвореного дифузійним шаром $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$, легованого домішкою Mg при температурі 800-950 °C. При достатньо великій напрузі $U \geq 1,5$ еВ величина фотоструму визначається тільки інтенсивністю світла $\Phi_3 > \Phi_2 > \Phi_1$ (порівняно з його відсутністю Φ_0), а не умовами живлення р-п-структури.

На Фіг. 2 наведено залежність фотоструму I_Φ р-п-переходу на основі $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se:Mg$ від енергії фотонів $\hbar\omega$ при різних інтенсивностях опромінення - 1 (Φ_1) та 2 (Φ_2) при $\Phi_2 > \Phi_1$.

Відповідність критерію "новизна" запропонованому способу забезпечує сукупність ознак, зазначених у формулі корисної моделі, які не зустрічаються у жодному з відомих аналогів.

Корисна модель відповідає критерію "промислова придатність", оскільки для його реалізації цілком достатньо типового обладнання існуючих підприємств напівпровідникової електроніки.

Запропонований метод апробований на спеціально нелегованих кристалах твердого розчину селеніду цинку-магнію, вирощених методом Бріджмена. Пластинки проходили послідовне механічне та хімічне полірування у розчині $CrO_3:HCl=2:3$, ретельну відмивку в дистильованій воді і фінішне висушування. Якість обробки поверхні пластин контролювалася візуально за появою інтенсивної фотолюмінесценції при опроміненні N_2 -лазером з $\lambda_m=0,337$ мкм. Їх спектр випромінювання охоплює широку спектральну область енергій фотонів $\hbar\omega \sim 1,7-3,2$ еВ. Після обробки вихідні підкладки і наважка металічного магнію розташовувалися на протилежних краях кварцової ампули, яка вакуумувалася до 10^{-4} Торр. Для запобігання ерозії поверхні під дією температури разом з дифузантом в ампулі біля магнію розташовувалася незначна кількість подрібненої наважки селену. Ампули витримували протягом 60 хв. при ізотермічних умовах при температурі 800-950 °C. У подальшому проводилося різке охолодження ампул до кімнатної температури і їх розгерметизація. Відпалені в такий спосіб зразки видалялися для проведення досліджень без здійснення подальших яких-небудь додаткових технологічних дій.

Після відпалу характер поверхні та її досконалість не змінюються. Разом з тим, внаслідок дифузії легуючої домішки Mg поверхневий шар базової речовини $\text{Zn}_{0,88}\text{Mg}_{0,12}\text{Se}$ набуває р-типу електропровідності з питомим опором $\rho \sim 10^2$ Ом·см. Інверсія типу провідності у дифузійному шарі підтверджується проведеними дослідженнями термозондом. Також спостерігається лінійний характер і симетричність прямої та оберненої віток вольт-амперної характеристики у випадку осаджених на легований шар мідних контактів. Це підтверджує інверсію типу провідності і дозволяє виготовити омичні контакти до р-типу провідності шару, який формує фоточутливу структуру. Вона характеризується класичною для р-п-переходів статичною вольт-амперною характеристикою, Фіг. 1. Коефіцієнт випрямлення становить $5 \cdot 10^3$ при $U=1,5$ В. Величина фотоструму визначається тільки інтенсивністю світла при достатньо великій оберненій напрузі. Для отриманих при легуванні Mg фотодетекторів характерна висока фоточутливість у короткохвильовій області - $\hbar\omega=2,65-4,0$ еВ. Максимум спектру припадає на енергію фотонів $\hbar\omega_m=2,786$ еВ. Він знаходиться в області власного поглинання твердого розчину ZnMgSe . За дослідженими спектрами оптичного відбивання його ширина забороненої зони становить $E_g=2,78$ еВ. До того ж, встановлено, що визначені режими легування не впливають на енергетичну структуру і параметри базового і отриманого при легуванні Mg матеріалу п- та р-типу провідності відповідно. Спектри фоточутливості отриманої структури наведено на Фіг. 2.

Експериментально встановлено, що спектр та інтенсивність фоточутливості практично не залежать від часу відпалу t_a починаючи з $t_a \geq 30$ хв. Це обумовлено ізовалентним характером легуючої домішки Mg, яка впливає тільки на власні точкові дефекти кристалічної ґратки базового матеріалу. Зауважимо, що використання температури більшої за 950°C приводить до ерозії поверхні підкладок. При меншій за 800°C температурі дифузійні процеси не забезпечують однорідного впровадження атомів домішки і отримана речовина не проявляє стабільні і повторювальні властивості.

Джерела інформації:

1. Техника оптической связи: Фотоприёмники: Пер. с англ./ Под ред. У. Тсанга, - М.: Мир, 1988. - 526 с.

2. Георгобиани А.Н., Котляревский М.Б. Управление дефектным составом и инверсия типа проводимости широкозонных кристаллов $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ / В кн.: Широкозонные полупроводники. - Л.: Изд-во ин-та ядерной физики. - 1979. - С. 71-78.

3. Zagoruiko Yu.A., Kovalenko N.O., Fedorenko O.A., Khristyan V.A., ZnMgSe:Cr^{2+} single crystal: a novel material for active elements of tunable IR region lasers // Functional Materials. - 2008. - V.15, N 2. - P. 247-248.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб отримання фотодетекторів включає відпал кристалів ZnMgSe не гірше 10^{-4} Торр, який **відрізняється** тим, що кристали твердого розчину ZnMgSe відпалюють у парі магнію при температурі $800-950^\circ\text{C}$.

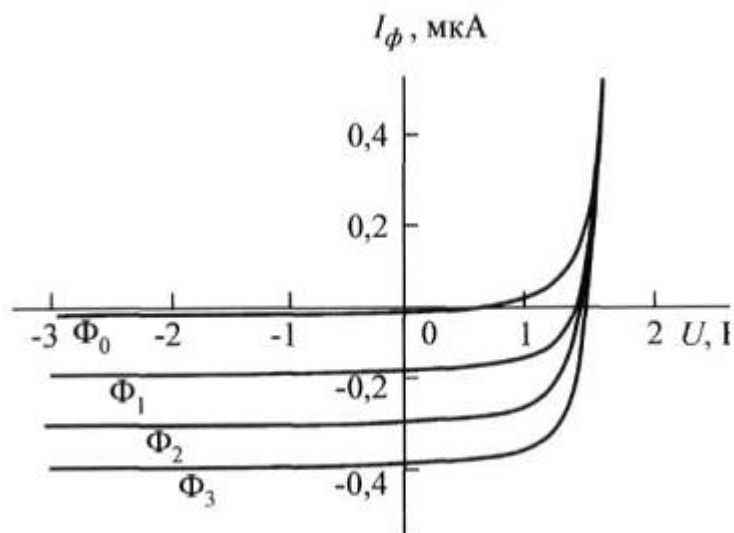


Fig. 1

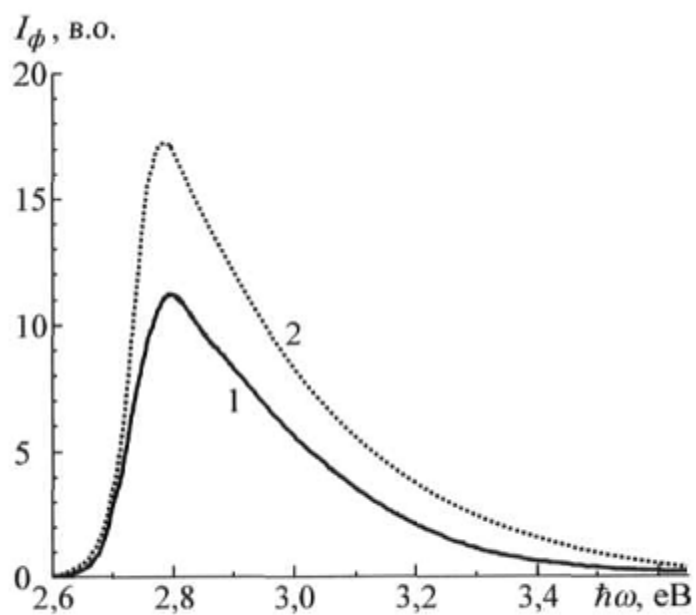


Fig. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601