



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109140** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
C30B 31/00
C22C 45/00
H01L 31/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 02141	(72) Винахідник(и): Замуруєва Оксана Валеріївна (UA), Мирончук Галина Леонідівна (UA), Кітик Іван Васильович (PL), Пясецький Міхал (PL)
(22) Дата подання заявки: 04.03.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2016, Бюл.№ 15	(73) Власник(и): СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ЛЕСІ УКРАЇНКИ, пр. Волі, 13, м. Луцьк, 43025 (UA)

(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ФОТОПРОВІДНОСТІ КРИСТАЛІВ ХАЛЬКОГЕНІДУ ІНДИНАТУ ТАЛІЮ (TlInSe₂)

(57) Реферат:

Спосіб підвищення фотопровідності кристалів халькогеніду індинату талію (TlInSe₂) включає завантаження його у ростовий контейнер, відкачку останнього, вміщення його у піч, виведення її на температурний режим та введення легуючих елементів. У ростовий контейнер з халькогенідом індинату талію одночасно завантажують лігатуру, до складу якої вводять елементи IV групи кремній (Si) та германій (Ge).

UA 109140 U

Корисна модель належить до галузі виробництва напівпровідникових матеріалів і може бути використана у приладах з сенсорним керуванням, а також у техніці гамма-випромінювання, зокрема при виготовленні детекторів теплових нейтронів.

5 Стан виробництва та використання напівпровідникових матеріалів свідчить про потребу керування їх характеристиками. Така потреба базується на знаннях фізико-хімічних та механічних властивостей матеріалів, створених зі сполук з достовірно відомою структурою.

10 Відновлення робочих характеристик приладів, що побудовані на напівпровідникових матеріалах зі складних сполук, впирається у гомогенність фазового складу вихідної речовини, врахування її фізико-хімічних характеристик, що впливають на процеси кристалізації, зокрема на кристалізаційну атмосферу, температурний градієнт, швидкість розповсюдження фронту кристалізації, домішки, яким притаманні високі міграційні властивості, а тому саме вони часто відповідають за деградацію напівпровідникових приладів при спостереженнях за роботою останніх. [А. Милне Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках. - М.: Мир, 1977 г.].

15 Одною з проблем при створенні базових напівпровідникових матеріалів є вибір оптимального способу їх легування. Причиною проблемності отримання легованого напівпровідникового матеріалу (кристалу) є те, що під час легування (введення домішок у кристал) в процесі росту кристала виникає неоднорідний розподіл і суттєвий розкид концентрації легуючих елементів по об'єму зразка. Тому і потрібні технології, які дозволили б отримати кристалічні напівпровідникові матеріали, з оптимізованими фізико-механічними властивостями та завданого заздалегідь складу, потреба у яких в приладобудуванні є дуже великою.

25 Відомий спосіб легування монокристалічних сполук різноманітного складу, зокрема спосіб легування телуриду кадмію, у якому телурид кадмію завантажують у ростовий контейнер, відкачують його, вміщують у піч та виводять на температурний режим [Kunz T. Laasch M. Meinhardt J, Benz KW CdTeCl Growth, 1998 Vol 184/185 № 1-4-P 1005-1009]. Недоліком такого способу легування є те, що він включає операцію синтезу кристалів з легуванням хлоровмісною складовою, яка хімічно дуже активна та шкідлива для людини, а тому такий спосіб є дуже небезпечним.

30 Відомий також спосіб легування телуриду кадмію, що включає завантаження його у ростовий контейнер, відкачку контейнера, вміщення у піч, виведення на температурний режим, при цьому при завантаженні у контейнер телуриду кадмію, одночасно завантажують порошкоподібний галогенід амонію [Див. пат. України на кор. мод. № 58024 МПК С30В 31/00, 2009 р.]. Такий спосіб дозволяє уникнути контакту із шкідливими для людини речовинами, дозволяє одержати рівномірний розподіл летучої домішки у об'ємі монокристалу завдяки переходу порошкоподібного галогеніду відразу у парову фазу, чим забезпечує доставку телуру і кадмію у потрібну зону. Проте, отриманий у такий спосіб напівпровідниковий матеріал має дуже низькі фотоелектричні властивості.

40 Найближчим аналогом є спосіб підвищення фотопровідності напівпровідникового матеріалу, зокрема монокристалу халькогеніду індиану талію, що передбачає завантаження шихти з високочистих елементів талію - 000, індію - 000, селену - ОСЧ-17-4 у ростовий контейнер з наступним вирощуванням монокристалу за методом Бріджмена-Стокбаргера, згідно з яким ростовий контейнер вміщують у піч, виводять її на температурний режим та при отриманні розплаву вводять легуючі елементи І групи (Au, Ag), або елементи IV групи - Si, Ge, та після отримання легованого монокристалу спостерігають за його властивостями, зокрема фотопровідністю [И. Нуридинов, С.Х. Умаров, В.Д. Рустамов Влияние примесей I и IV групп на фотоэлектрические свойства монокристаллов TlInSe₂ Журнал "Перспективные материалы № 1, 2003 г." с. 46-48].

50 Суттєвим недоліком такого способу є частковість розробки технології, яка поширюється лише на з'ясування можливостей підвищення фотопровідності кристалів TlInSe₂ в області хвиль невеликої довжини, а тому визначити доцільність використання легованих елементами IV групи кристалів TlInSe₂ для використання у приладах з сенсорним керуванням неможливо. Крім того, у цієї технології (способі) акцент зроблений на використання лігатури, до складу якої входять елементи І групи, зокрема, золото (Au) та срібло (Ag), що здорожує технологію підвищення фотопровідності монокристалів TlInSe₂.

55 Задача корисної моделі є розробка такого способу підвищення фотопровідності монокристалів TlInSe₂, який надає можливість оцінювати та підвищувати домішкову фотопровідність у великому діапазоні довжин хвиль при суттєвому зниженні вартості процесу легування, за рахунок використання більш дешевої лігатури - кремнію (Si) та германію (Ge).

60 Поставлена задача вирішується тим, що спосіб підвищення фотопровідності кристалів халькогеніду індиану талію (TlInSe₂) включає завантаження його у ростовий контейнер,

відкачку останнього, вміщення його у піч, виведення її на температурний режим та введення легуючих елементів, згідно з корисною моделлю, у ростовий контейнер з халькогенідом індинату талію одночасно завантажують легатуру, до складу якої вводять елементи IV групи кремній (Si) та германій (Ge).

5 Згідно з корисною моделлю, елементи IV групи вводять з утворенням механізму заміщення $Tl_{1-x}In_{1-x}Si(Ge)_xSe_2$, де $x=0,1$; $x=0,2$.

Спосіб підвищення фотопровідності кристалів халькогеніду індинату талію реалізують таким чином

10 Зразки легованих монокристалів $TlInSe_2$ для подальшого дослідження отримують шляхом природного сколу від масивних монокристалів. Такі зразки мають форму монокристалічних блоків, а як матеріали електричних контактів використовують галій-індієву евтектику, яку наносять на торець та поверхню зразка методом втирання. Омічність контактів зберігається у широкому інтервалі температур і напруг, і перевіряється в кожному конкретному випадку перед проведенням експериментальних досліджень. Як спектрограф використовується монохроматор

15 МДР-208 з кремнієвим фотоприймачем. На фіг. представлені графічні зображення у формі кривих спектрального розподілу фотопровідності (ФП) монокристалів $Tl_{1-x}In_{1-x}Si(Ge)_xSe_2$, де $(x=0,1; 0,2)$ - виміряні у неполяризованому світлі.

20 Зміщення спектрів фотопровідності зі збільшенням x в сторону менших довжин хвиль свідчить про зменшення ширини забороненої зони кристалів, що добре узгоджуються з оптичними дослідженнями.

Як видно з графіків для кристалів $TlInSe_2-GeSe_2$ так і для кристалів $TlInSe_2-SiSe_2$ із збільшенням x спостерігається зменшення максимуму власної фотопровідності, що пояснюється зростанням концентрації s-центрів рекомбінації. В той же час великий домішковий фотострум свідчить про те, що при статистичному заміщенні індію на германій Ge(Si)

25 утворюються центри повільної рекомбінації (г-центри). Такими центрами можуть бути катіонні вакансії, а саме V_{Ti} , концентрація яких згідно з рентгеноструктурними дослідженнями збільшується із зростанням x . Зростання концентрації s-центрів рекомбінації слабо впливає на домішкову фотопровідність, оскільки при домішковому збудженні вільні електрони не

30 утворюються і s-центри практично не беруть участь у рекомбінації. Як видно з графіків при збільшенні температури відбувається збільшення домішкової фотопровідності. Оскільки відбувається фотозбудження електрона з акцепторного рівня у зону провідності. Дірка, яка утворилась при цьому на акцепторному рівні при високій температурі, термічно дозбуджується у валентну зону. З пониженням температури відбувається заповнення дірками акцепторних рівнів, що веде до зменшення можливості електронних переходів з акцепторного рівня в зону провідності та до "виморожування" домішкової фотопровідності.

35 Таким чином встановлено, що легування компонентами IV групи є надійним способом підвищення домішкової фотопровідності кристалів $TlInSe_2$, надає можливість оцінювати фотопровідність у великому діапазоні довжин хвиль при одночасному зниженні вартості цієї технології, завдяки використанню більш дешевих речовин, таких як Si та Ge.

40

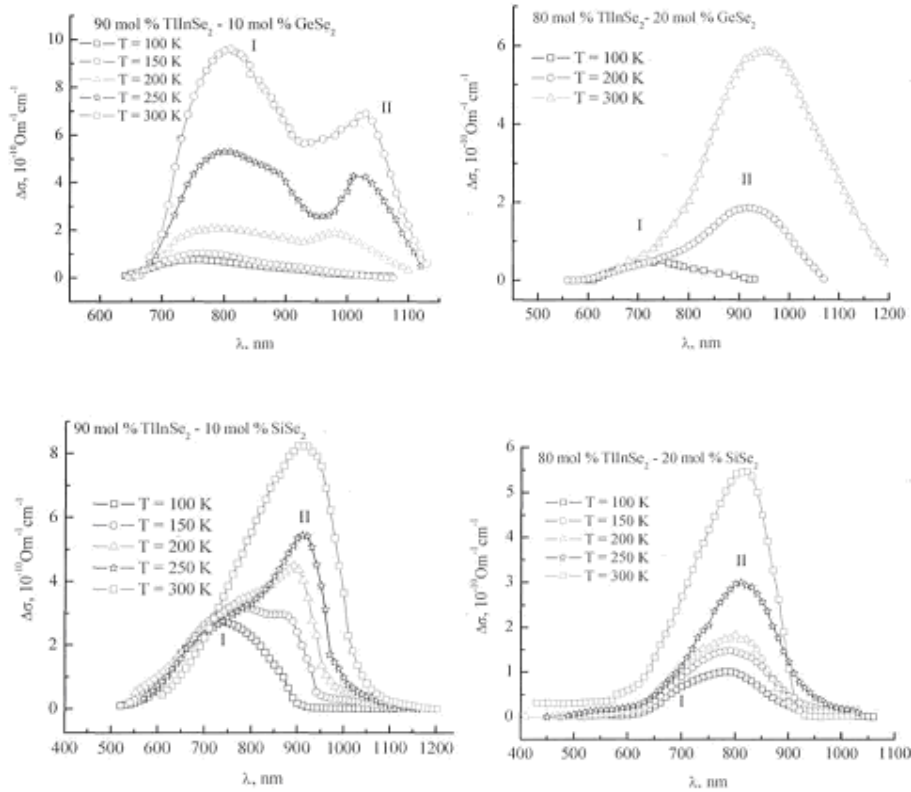
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб підвищення фотопровідності кристалів халькогеніду індинату талію ($TlInSe_2$), що включає завантаження його у ростовий контейнер, відкачку останнього, вміщення його у піч, виведення її на температурний режим та введення легуючих елементів, який **відрізняється**

45 тим, що у ростовий контейнер з халькогенідом індинату талію одночасно завантажують лігатуру, до складу якої вводять елементи IV групи кремній (Si) та германій (Ge).

2. Спосіб підвищення фотопровідності кристалів халькогеніду індинату талію ($TlInSe_2$) за п. 1, який **відрізняється** тим, що елементи IV групи вводять з утворенням механізму заміщення $Te_{1-x}In_{1-x}Si(Ge)_xSe_2$, де $x=0,1$; $x=0,2$.

50



Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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