



УКРАЇНА

(19) UA (11) 19071 (13) U  
(51) МПК (2006)  
C30B 23/02  
C30B 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) АЛМАНІТ

1

2

(21) а200511420

(22) 01.12.2005

(24) 15.12.2006

(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.

(72) Сергеев Олег Тимофійович, Янішин Ігор Борисович

(73) Сергеев Олег Тимофійович, Янішин Ігор Борисович

(57) АЛМАНІТ - монокристали карбіду кремнію, який відрізняється тим, що використовують мо-

нокристали особливо чистого карбіду кремнію із вмістом домішок  $5 \times 10^{15}$ - $5 \times 10^{16}$  см<sup>-3</sup>, який має біля основи грань у вигляді багатогранника (наприклад, шестигранника, характерного для політипу 6Н) і багато дзеркальних граней, розташованих під різними кутами до осі росту кристала, причому ці кути поступово збільшуються до 90°, а потім зменшуються, в результаті чого, кристали приймають різноманітні форми - форму кулі, форму яйця і інші.

Корисна модель, що заявляється, відноситься до технології отримання напівпровідникових та особливо чистих матеріалів, а саме до технології вирощування монокристалів карбіду кремнію (алманітів) високої якості до складу яких входять: кремній, який має рідку фазу і вуглець, який не має рідкої фази.

Карбід кремнію є надзвичайно перспективним матеріалом, завдяки наявності великої кількості політипів (більше 100), високий дрейфовий швидкості носіїв струму, має широкий діапазон забороненої зони (від 2,2 еВ для кубічного 3C-SiC до 3 еВ - гексагональна модифікація. Високий термічний коефіцієнт розширення, твердість (9,5 по шкалі Мосса) ближча до твердості алмаза (10), високий коефіцієнт заломлення (2,65), висока радіаційна стійкість дозволяють застосовувати його не тільки в напівпровідниковому приладобудуванні, але і в оптиці, порошковій металургії, ядерній і космічній техніці.

Висока дрейфова швидкість носіїв струму відкриває широкі можливості застосування цього матеріалу для створення приладів, працюючих в міліметровому і субміліметровому діапазонах при високих рівнях потужності.

Відомо декілька способів одержання монокристалів карбіду кремнію високої чистоти. Це:

- CVD (хімічне осаджування парів) - метод, в якому реактивні гази введені у відповідний пристрій, формують кристали карбіду кремнію на відповідній підложці [патент ФРН, №2253411, 1977];

- вирощування із рідкої фази [Дмитрієв В.А.

Карбід-кремнієві структури, що одержані рідкофазною емісією, Листи в ЖТФ, 1985, т. II, стор. 238-241].

- Найбільш поширеним способом вирощування монокристалів карбіду кремнію є сублімація із парової фази [Lely... Patent USA №2854364], лише останнім часом суттєво удосконаленим [Таїровим Ю.М. та Цветковим В. "Основні принципи вирощування монокристалів карбіду кремнію різних політипів", *Jum. of Crystal Growth* 52 (1981) р. 146-150 та Robert F. Carter I. і інші. [патент США № RE 34,861, 1995]].

Всі згадані вище способи мають суттєвий недолік. В них спочатку вирощується порошок полікристалічного карбіду кремнію, а потім сублімацією із цього порошка вирощують монокристали.

Відомі також способи вирощування монокристалів карбіду кремнію прямим синтезом із кремнію і вуглецю [Таїров Ю.М. та Цветков В. і інші], який дозволяє отримувати окремі монокристали карбіду кремнію, причому їх синтез і ріст практично не керовані.

Найбільш близьким за технічною сутністю обрано спосіб вирощування кристалів карбіду кремнію АЛМАНІТУ [патент України №64035 від 12.12.2003, опубл. 16.02.2004, бюл. №2, 2004 рік].

В названому способі монокристали карбіду кремнію отримують прямим синтезом, що випаровується із тигля з розплавом кремнію і вуглецю, який випаровується зі стінок графітового синтезатора, який разом із тиглем і кришкою синтезатора являють собою квазізамкнуту посудину, нагріту в

(19) UA (11) 19071 (13) U

високому вакуумі ( $10^{-5}$ - $10^{-6}$  мм рт. ст.) при температурі біля  $2000^{\circ}\text{C}$ .

В названому прототипі для отримання великої кількості кристалів використовують зародок, який розміщується і закріплюється на стороні касети, зверненої до внутрішньої поверхні синтезатора.

Суттєвими недоліками такого способу і пристрою для його реалізації є те, що при розрощуванні монокристалів алманіту навколо них росте і фон із полікристалічного карбіду кремнію, що значно ускладнює виймання монокристалів із касет.

Технічне завдання - створення способу вирощування монокристалів карбіду кремнію АЛМАНІТУ, та пристрою для його здійснення, шляхом вирощування монокристалів карбіду кремнію прямим синтезом з кремнію і вуглецю, з використанням надлишкових парів кремнію, досягнення керованого вирощування одночасно великої кількості монокристалів карбіду кремнію бажаного політипу та заданих якісних показників, та створення пристрою для здійснення вказаного способу, шляхом використання однієї робочої зони без перезавантажень, добитися високих показників по чистоті і якості монокристалів.

АЛМАНІТ - це монокристали особливо чистого карбіду кремнію із вмістом домішок  $5 \times 10^{15}$ - $5 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , який має біля основи грань у вигляді багатогранника (наприклад, шестигранника, характерного для політипу 6Н і багато дзеркальних граней, розташованих під різними кутами до осі росту кристалу, причому ці кути поступово збільшуються до  $90^{\circ}$ , а потім зменшуються, в результаті чого, кристали приймають різноманітні форми - форму кулі, форму яйця, і інші, які вирощують в глибокому вакуумі ( $10^{-5}$ - $10^{-6}$  мм рт. ст.)

Поставлене технічне завдання вирішується способом вирощування монокристалів карбіду кремнію АЛМАНІТУ, який полягає у тому, що монокристали карбіду кремнію вирощують із особливо чистих кремнію і вуглецю (вміст домішок не більше  $1 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , причому кремній використовують у вигляді розплаву, нагрітого до температури випаровування ( $1750^{\circ}\text{C}$ ), а вуглець у вигляді графіту з якого виготовлені всі деталі синтезатора, кришка синтезатора, кристалізатор і тигель з розплавом кремнію, нагрітих до температури синтезу (біля  $2000^{\circ}\text{C}$ ) карбіду кремнію, при цьому для формування зародків в заданих місцях на внутрішній поверхні синтезатора механічним шляхом ство-

рюють голкоподібні піраміди.

Вирощування монокристалів карбіду кремнію, який включає сублимацію карбіду кремнію із парів карбіду кремнію, включає розміщення посудини-синтезатора, всередині якої випаровується карбід кремнію, в вакуумній камері, нагрівання посудини-синтезатора в вакуумі, а в нижній частині посудини розміщують тигель з розплавом кремнію, який нагрівають до температури випаровування кремнію. Синтезатор виготовлений із графіту високої чистоти, зверху закривається щільно кришкою, так, щоб вихід парів кремнію або карбіду кремнію із посудини синтезатора був мінімальним. Температура синтезатора не перевищує  $2000^{\circ}\text{C}$ , а всередині синтезатора витримується співвідношення  $T_c > T_{кр} > T_{вк}$ , де

$T_c$  - температура на стінках синтезатора,  $T_{кр}$  - температура кристалізації,  $T_{вк}$  - температура випаровування кремнію. Вакуум в процесі роботи підтримується в межах  $10^{-4}$ - $10^{-6}$  мм рт. ст.

Синтезатор і тигель з розплавом кремнію в процесі росту кристалів обертають довкола осі для забезпечення рівномірного нагрівання по всій окружності синтезатора.

Пристрій для реалізації способу включає синтезатор, у вигляді циліндричної труби, в нижній частині синтезатора розміщено тигель з кремнієм, зверху синтезатор щільно закривають кришкою, для того щоб при нагрівання вихід парів із синтезатора був мінімальним.

З метою вирощування кристалів алманіту без фону, а також для простого і легкого виймання кристалів із касет достатньо повернути касети навколо основи на  $180^{\circ}$  так, щоб зародки дивились у центр синтезатора.

Промислове застосування:

Спосіб вирощування кристалів АЛМАНІТУ та пристрій для здійснення способу розроблені авторами на підприємстві ТОВ "Інститут матеріалів електронної техніки" в м. Києві.

Технічний результат - створено спосіб вирощування монокристалів карбіду кремнію АЛМАНІТУ, досягнуто керованого вирощування одночасно великої кількості ( $>1000$  шт.) монокристалів карбіду кремнію діаметром до 10 мм і такої ж товщини, без фону, бажаного політипу та заданих якісних показників, досягнуто високих показників по чистоті і якості монокристалів.