

Корисна модель відноситься до галузі металургії високоякісних бездислокаційних монокристалів кремнію, що являються основним матеріалом для виготовлення елементної бази сучасної електронної промисловості. Основні електрофізичні параметри виробів електронної техніки на базі монокристалічного кремнію визначаються дефектною структурою бездислокаційних монокристалів кремнію.

У схемі вирощування за методом Чохральського тигель, що виготовляється з високочистого кварцу, обігрівається нагрівачем опору. Для утворення однорідного теплового поля навколо тигля розміщують теплові екрани з графіту, кварцу чи молібдену. На кінці штоку укріплюють монокристалічний запал, що може з контрольованою швидкістю переміщуватися за вертикаллю і водночас обертатися. Запали визначеного перерізу і з заданою орієнтацією вирізають з монокристалів. Після розплавлення кремнію у тиглі запал опускають у розплав та, поступово підвищуючи температуру, розплавляють частину запалу. Після цього температуру нагрівача повільно знижують до тих пір, коли почнеться кристалізація на запалі. В цей момент запал починають піднімати і монокристал "витагується" з розплаву. Діаметр монокристала, що вирощується, регулюється температурою нагрівача, швидкістю підйому штоку, умовами відводу теплоти кристалізації і другими параметрами.

В установці для вирощування монокристалів утворити строго симетричне теплове поле дуже важко. Для вирівнювання температурного поля кристал чи тигель (або обидва разом) обертають. Це дозволяє вирощувати симетричні монокристали, також і тоді, якщо у розплаві є відносно великі асиметричні градієнти. Вирощування бездислокаційних монокристалів роблять за методом Деша, сутність якого є у вирощуванні з підвищеними швидкостями після запалення довгої тонкої монокристалічної "шейки" діаметром, що менший або відповідний діаметру запалу. Після появи на визначеній довжині шейки ділянки, що є вільною від дислокацій, починають вирощувати конічну, а потім циліндричну частину монокристалу заданого діаметру.

Один з основних недоліків отримання монокристалів кремнію за методом Чохральського - забруднення розплаву тиглем, що частково розчиняється. При цьому у розплав в значних кількостях переходить кисень і ряд других домішок, що є у кварцовому тиглі.

Метод безтигельної зонної плавки видаляє вказані недоліки і його сутність у наступному. Стрижень з кремнію закріплюють вертикально у затисках установки. Розплавлену зону утворюють за допомогою індукційного нагріву, вона утримується завдяки силам поверхневого натягу. Чим менше висота зони, тим більший діаметр злитку, на якому можна її утримати. Переміщуючи індуктор (або стрижень відносно нерухомого індуктору) вертикально, утворюють рух зони за стрижнем. Багаторазовим переміщенням зони за рахунок випару і розходження коефіцієнтів розподілу домішок у рідкий і твердий фазах можна отримати дуже високий ступінь очистки кремнію. При отриманні монокристалів за цим методом роблять наступне. У нижньому затиску укріплюють монокристалічний запал, а на кінці стрижня утворюють розплавлену каплю. Потім, переміщуючи вгору запал, його додають у розплав. Після запалювання запал разом з зростаючим на ньому монокристалом переміщують донизу (або індуктор піднімають вгору).

Найближчим аналогом вибрано відомий спосіб [Патент 2102539С1 РФ МПК С30В15/14, опубл. 20.01.1998], де, з метою покращення якості кристалу, вводиться навколо зростаючого монокристалу циліндричне або конусоподібне тіло, яке поділяє простір контейнеру над розплавом на внутрішню та зовнішню частини. При цьому тіло має один отвір, через який інертний газ, що направляється до внутрішньої частини простору контейнеру, може потрапити до його зовнішньої частини.

Недоліками усіх цих відомих рішень є:

- неможливість керування дефектною структурою бездислокаційних монокристалів кремнію;
- неможливість видалення вторинних ростових мікроефектів (міжвузловинних дислокаційних петель або вакансійних мікропор).

В основу корисної моделі поставлено завдання розробки способу, який дозволяє керувати дефектною структурою бездислокаційних монокристалів кремнію, зокрема подавляти утворення вакансійних мікропор та міжвузловинних дислокаційних петель, які критичним чином впливають на якість вихідних монокристалів та структур на їх основі.

Вирішення цього завдання досягається тим, що під час росту монокристал, який росте з розплаву, піддається термічній обробці в межах 1350...1250°C, з наступним швидким охолодженням монокристалу після вирощування.

При цьому у монокристалі, що зростає, за рахунок того, що він під час всього терміну росту знаходиться при температурі у межах 1350...1250°C не утворюються міжвузловинні дислокаційні петлі та вакансійні мікропори та під час швидкого охолодження вказані дефекти, що утворюються при 1100°C мають малі розміри, тобто не зростають, що значно підвищує якість вихідних монокристалів та структур на їх основі.

У способі, що пропонується, робиться таке доповнення: додаткове проведення термічної обробки за допомогою додаткових нагрівачів, які у процесі росту кристала повинні підтримувати температуру закристалізованої частини в межах 1350...1250°C.

Приклад здійснення способу, що заявляється.

При вирощуванні за методом Чохральського до тигля завантажуються вихідний матеріал, що розплавляється. До нього підводять запал, після чого поступово вирощується тонка шийка, після якої кристал виходить на заданий діаметр. Після цього виходу уся монокристалічна область, що вирощується, піддається додатковій термічній обробці у температурному інтервалі 1350...1250°C протягом усього терміну зростання. Після закінчення росту кристал швидко охолоджують за рахунок подання охолодженого інертного газу.

При вирощуванні за методом безтигельної зонної плавки вихідний моно- чи полікристал закріплюють в установці. Утворену розплавлену зону за допомогою індукційного нагріву утримують завдяки силам поверхневого натягу. До розплаву підводять монокристалічний запал і переміщенням розплавленої зони за допомогою індуктора створюють тонку шийку, після чого вирощують монокристал. Протягом усього терміну зростання монокристалічна область, що вирощується, піддається додатковій термічній обробці у температурному інтервалі 1350...1250°C. Після закінчення росту кристал швидко охолоджують за рахунок подання охолодженого інертного газу.

Отже, перевага способу вирощування монокристалів з розплаву, що пропонується, у порівнянні з існуючими до сьогодення лежить у тому, що:

- використання способу, що пропонується, дозволяє керувати процесом дефектоутворення у бездислокаційних монокристалах кремнію;

- використання способу, що пропонується, дозволяє покращити якість як вихідних бездислокаційних монокристалів кремнію, так і якість напівпровідникових приладів і структур на їх основі.

Спосіб, що пропонується, можна використовувати на промислових підприємствах з вирощування бездислокаційних монокристалів кремнію.

На основі вище викладеного можна зробити висновок, що рішення, що заявляється відповідає критерію промислова придатність.

Джерела інформації:

1. Технология полупроводникового кремния /Фалькевич Э.С., Пульнер Э.О., Червоний И.Ф., Шварцман Л.Я., Яркин В.Н., Салли И.В. - М.: Металлургия, 1992. - С. 254-336.

2. Патент №2102539С1 РФ, МПК С30В15/14. Устройство для выращивания монокристалла и способ выращивания монокристалла / П. Вильцманн, Х. Пинцхоффер (DE); Опубл. 20.01.1998.