**Єгоров Сергій Геннадійович. Вплив характеристик розплаву на умови кристалізації та властивості вирощуваних кристалів кремнію : дис... канд. техн. наук: 05.16.03 / Запорізька держ. інженерна академія. - Запоріжжя, 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Єгоров Сергій Геннадійович. Вплив характеристик розплаву на умови кристалізації та властивості вирощуваних кристалів кремнію. - Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.16.03 - Металургія кольорових металів. - Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя, 2005.  Проведено дослідження впливу конвекційних потоків в розплаві на розподіл фосфору та кисню в вирощуваних монокристалах кремнію. Встановлено, що в розплавленій зоні, яка утворюється в методі безтигельної зонної плавки, розвиваються наступні види конвекції: теплова, термокапілярна, відцентрова та електродинамічна. При взаємодії перерахованих видів конвекцій переважаючою стає теплова конвекція, якщо частота обертання монокристалу менше 50 мін-1. При частоті обертання монокристалу більше 50 мін-1 переважаючою стає відцентрова конвекція.  Під впливом конвекції відбувається перемішування розплаву, що впливає на розподіл домішок як в об'ємі розплаву, так і поблизу фронту кристалізації. Крім того, перемішування розплаву також змінює товщину дифузійного шару на фронті кристалізації монокристалу. Нерівномірний розподіл домішок в розплаві та різна товщина дифузійного шару приводять до неоднакового надходження домішок в монокристал. Одержана залежність товщини дифузійного шару від швидкості руху потоків розплаву, яка дозволила пояснити різку зміну у властивостях монокристалу при збільшенні швидкості його обертання.  За наслідками проведених досліджень було запропоновано метод, який дозволяє вирощувати високочисті монокристали кремнію з високим питомим електричним опором (3000 Омсм). Метод заснований на зворотно-поступальному русі початкового стрижня і не вимагає значних змін в стандартних промислових установках для вирощування монокристалів. | |
| |  | | --- | | 1. Оптимізовано вибір частоти струму додаткового (що підігріває) індуктору для процесу вирощування монокристалів кремнію методом вертикальної індукційної безтигельної зонної плавки; 2. У розплавленої зони, якаформується при вирощуванні монокристалів кремнію методом вертикальної індукційної безтигельної зонної плавки, розвиваються гідродинамічни потоки різної природи. В об'ємі розплаву розвиваються відцентрова (при наявності обертання) і теплова конвекції, у поверхневому шарі - електродинамічна й термокапілярна. Встановлено, що теплова й відцентрова конвекції формують конвекційні осередки, у той час як потоки розплаву, обумовлені електродинамічної і термокапілярної конвекціями, підсилюють або послабляють їх, залежно від напрямку їхнього руху; 3. Встановлено, що застосування безрозмірних критеріїв для опису розвитку потоків у розплаві повинне бути диференційоване по геометричним областях, у яких розвиваються окремі види конвекції. Так, можна зрівняти електродинамічну і термокапілярну конвекцію, тому що вони діють у поверхневому шарі розплаву. Аналогічно, можна порівнювати відцентрову і теплову конвекції, які діють в об'ємі розплаву. 4. Гідродинамічні потоки, що формуються, змінюють товщину дифузійного шару й, отже, ефективного коефіцієнта розподілу уздовж фронту кристалізації. Такий неоднорідний розподіл домішок на фронті кристалізації, а також нерівномірна товщина дифузійного шару на фронті кристалізації приводить до неоднорідного розподілу домішок у вирощуваних монокристалах; 5. Придушення розвитку конвекційних потоків у розплаві в результаті застосування зворотньо-поступального руху вихідного стрижня сприяє одержанню монокристалів кремнію з більше високим значенням питомого електричного опору. Додаток зворотньо-поступального руху змінює геометричні розміри розплавленої зони і тим самим руйнує конвекційні потоки, що формуються. Домішка довше перебуває в перегрітій області, що сприяє її випару і очищення від її монокристалів. | |