

Даний винахід стосується способу виготовлення зливоків кремнію, отриманих шляхом направленої кристалізації за методом Чохральського, методом зонної плавки або полікристалічного кремню у зливках, з метою виготовлення кремнієвих пластин для фотогальванічних (PV) сонячних елементів.

В останні роки фотогальванічні сонячні елементи виготовлялися з надзвичайно чистого полікристалічного кремнію для електронної промисловості (EG-Si), що доповнювався відповідним ломом, обрізками та відходами виробництва кристалів інтегральних мікросхем. В результаті нещодавнього спаду економічної активності, якого зазнала електронна промисловість, ненавантажені потужності з виробництва полікристалічного кремнію були пристосовані для нижчих марок кремнію, придатного для виробництва сонячних елементів (PV). Це призвело до тимчасового покращення скрутного становища на ринку якісної кремнієвої сировини (SoG-Si) для сонячних елементів. З огляду на відновлення попиту на електронні пристрої до звичного рівня, основна частина промислових потужностей з виробництва полікристалічного кремнію, як очікується, буде знову залучена для забезпечення потреб електронної промисловості, що призведе до нестачі сировини для виробництва PV. Нестача пристосованих дешевих джерел SoG-Si та зростаючий дефіцит сировини на сьогоднішній день розглядаються як одна із найсерйозніших перешкод на шляху до подальшого розвитку виробництва сонячних елементів (PV).

В останні роки здійснювалося кілька спроб щодо розробки нових джерел SoG-Si, які б не залежали від виробничого ланцюга електронної промисловості. Ці зусилля стосуються впровадження нової технології до поточного процесу виготовлення полікристалічного кремнію, що має на меті значно скоротити собівартість, а також стосуються розробки металургійних процесів очищення, що очищують надлишковий металургійний кремій (MG-Si) до необхідної міри чистоти. Поки що нікому не вдалося значно скоротити собівартість, досягнувши при цьому чистоти кремнієвої сировини, необхідної для забезпечення характеристик сонячних елементів (PV), що виготовляються на сьогоднішній день з кремнієвої сировини традиційної якості.

При виготовленні сонячних елементів (PV), готується шихта з сировини SoG-Si, що піддається плавці та кристалізується направленим методом у квадратний зливочок у спеціальній плавильній печі. Перед плавленням шихта, що містить сировину SoG-Si, легується шляхом додавання бору або фосфору з метою виготовлення зливоків р-типу або п-типу відповідно. За деякими виключеннями, комерційні сонячні елементи, що виготовляються на сьогоднішній день, базуються на матеріалі зливоків кремнію р-типу. Додавання єдиної легуючої домішки (наприклад бору або фосфору) контролюється з метою забезпечення бажаного електричного питомого опору матеріалу, наприклад, у діапазоні між 0.5-1.5 Ом. Це відповідає додаванню 0.02-0.2 промілів (ppm) бору, якщо необхідно отримати зливочок р-типу та при використанні сировини SoG-Si з властивою їй якістю (фактично чистий кремій з незначним вмістом легуючих домішок). Легуюча процедура передбачає, що вміст іншого легуючого елемента (у цьому прикладі фосфору) є незначним ($P < 1/10B$).

[У норвезькій патентній заявці за номером 20035830, зареєстрованій 29 грудня 2003 року], розкривається спосіб виготовлення кристалів кремнію, отриманих шляхом направленої кристалізації за методом Чохральського, методом зонної плавки або полікристалічного кремню у зливках, фользі або стрічках з метою виготовлення пластин на основі кремнієвої сировини, отриманої з металургійного кремнію за допомогою металургійних процесів очищення. Кремнієва сировина містить від 0.2(ppm) до 10ppm бору та від 0.1 до 10ppm фосфору. Внаслідок вмісту бору та фосфору кремнієвий зливочок, виготовлений відповідно до норвезької патентної заявки №20035830 буде змінювати свої характеристики, переходячи від р-типу до п-типу в положенні між 40 та 99% висоти зливку, залежно від співвідношення між бором та фосфором у кремнієвій сировині. Таким чином, виготовлені зливки будуть містити кремій п-типу та р-типу.

Бажано виготовляти матеріал тільки р-типу або тільки п-типу із кремнієвої сировини, що містить бор та фосфор, але у прикладах, викладених у норвезькій патентній заявці №20035830, перехід від р-типу до п-типу відбувається приблизно при % висоти зливка.

Предметом даного винаходу є забезпечення способу збільшення кількості матеріалу р-типу або п-типу у зливках кремнію, отриманих шляхом направленої кристалізації, виготовлених з кремнієвої сировини, що містить бор та фосфор.

Таким чином, даний винахід стосується способу виготовлення одержуваних шляхом направленої кристалізації методом Чохральського, методом зонної плавки або полікристалічних зливоків кремнію з кремнієвої сировини сонячної якості, яке спочатку містить від 0,2ppm до 10ppm бору та від 0,1ppm до 10ppm фосфору, причому цей спосіб відрізняється тим, що у випадку, коли вміст бору в кремнієвій сировині перевищує вміст фосфору, то під час процесу направленої кристалізації вміст бору в розплавленому кремнію підтримують більш високим, ніж вміст фосфору, шляхом додавання бору до розплавленого кремнію з перервами або безперервно, або у випадку, коли вміст фосфору у кремнієвій сировині перевищує вміст бору, то під час процесу направленої кристалізації вміст фосфору у розплавленому кремнії підтримують більш високим, ніж вміст бору, шляхом додавання фосфору до розплавленого кремнію з перервами або безперервно.

Способом даного винаходу було доведено, що протягом процесу направленої кристалізації частина зливка може бути значно розширена раніше переходу від матеріалу р-типу до матеріалу п-типу або від матеріалу п-типу до матеріалу р-типу.

Фіг.1 - графік, що зображує питомий опір кремнієвого зливку, виготовленого способом направленої кристалізації, відповідно до існуючої технології, та

Фіг.2 - графік питомого опору кремнієвого зливку, виготовленого способом направленої кристалізації, відповідно до даного винаходу.

Приклад 1 (існуюча технологія)

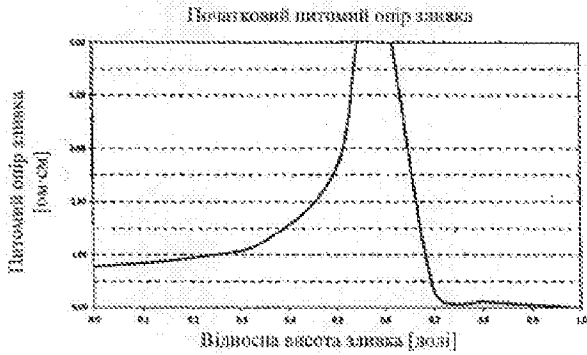
Кремнієвий зливочок відповідно до способу направленої кристалізації було виготовлено з кремнієвої сировини, що спочатку містить 0.8ppm бору та 3.6ppm фосфору. Перехід від матеріалу р-типу до матеріалу п-типу у цьому кремнієвому зливку має місце приблизно на 60% висоти кристалізованого зливка. Питомий опір виготовленого кремнієвого зливку зображено на Фіг.1, де видно, що перехід від матеріалу р-типу до матеріалу п-типу мав місце приблизно на 60% висоти зливка.

Приклад 2 (винахід)

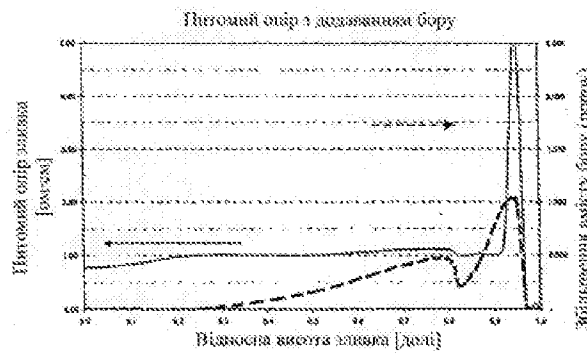
Кремнієвий зливков відповідно до способу направленої кристалізації було виготовлено з тієї ж самої кремнієвої сировини, що використовувалася у Прикладі 1. Бор безупинно додавався до залишку розплавленого кремнію, коли приблизно 50% зливка були кристалізовані. Перехід від матеріалу р-типу до матеріалу n-типу мав місце більш ніж на 90% висоти кристалізованого зливка, що зображено на Фіг.2. Кількість бору, доданого до розплавленого кремнію також зображена на Фіг.2.

Порівнюючи результати Прикладів 1 та 2 слід зазначити, що перехід від матеріалу р-типу до матеріалу n-типу змінився приблизно від 60% висоти кремнієвого зливка до більш ніж 90% висоти кремнієвого зливка.

Таким чином, відповідно до даного винаходу можливо істотно збільшити частину зливка, виготовленого шляхом направленої кристалізації, що кристалізується або як матеріал р-типу, або як матеріал n-типу.



Фіг. 1



Фіг. 2