

ОПТИМАЛЬНІ МЕТОДИ ОТРИМАННЯ КРЕМНІЮ СОНЯЧНОЇ ЯКОСТІ

А.С. Кириченко¹, В.Г. Хаблов

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут”

Розглянуті оптимальні методи отримання кремнію сонячної якості для виготовлення сонячних батарей.

Рассмотрены оптимальные методы получения кремния солнечного качества для изготовления солнечных батарей.

The methods of obtaining silicon solar grade for manufacturing solar panels.

Вступ. Розвиток людського суспільства неможливо без збільшення кількості вироблюваної електроенергії. Екологічно чистим способом виробництва енергії є фотоелектричний метод перетворення сонячного світла в електрику з використанням сонячних батарей (СБ). В даний час широкого використання сонячних батарей перешкоджає їх висока вартість. Найбільш перспективними для широкомасштабного наземного застосування є кремнієві СБ. За період з 1992 по 1998 рік кристалічні СБ збільшили частку ринку, яку вони займають, з 73% до 86%. Зараз ККД промислово випускних СБ знаходиться на рівні 14 - 17,5%, а ресурс сягає 10 років. У структурі собівартості вироблюваних в даний час кремнієвих СБ близько 50% становить ціна вихідного матеріалу - напівпровідникового монокристалічного кремнію. Тому існує актуальне завдання зменшення вартості кремнію для виготовлення СБ. У структурі собівартості вироблюваних в даний час кремнієвих СБ близько 50% становить ціна вихідного матеріалу - напівпровідникового монокристалічного кремнію. Тому існує актуальне завдання зменшення вартості кремнію для виготовлення СБ.

¹ Работа виконана під керівництвом член-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора Чернеги Д.Ф. (НТУУ „КПІ”)

Мета статті - пошук оптимального методу для отримання кремнію сонячної якості.

Повний цикл виробництва напівпровідникового монокристалічного кремнію включає в себе такі основні етапи: отримання металургійного кремнію карботермічним відновленням мінеральної кварцової сировини в потужних електродугових печах, хлорування металургійного кремнію та глибоке очищення хлорсиланів в ректифікаційних установках, водневе відновлення в реакторах осадження, вирощування монокристалів кремнію в ростових кристалізаційних установках. При цьому вартість кремнію зростає з 1 -2 доларів за 1 кг металургійного кремнію з вмістом домішок близько 0,5% мас, після першого етапу до 60-120 доларів / кг монокристалічного кремнію з вмістом домішок менш 10^{-6} % мас. (0,01 ppmw). Настільки висока чистота кремнію є зайвою, оскільки відомо, що для виготовлення високоефективних сонячних елементів наземного застосування кремній може містити електрично активних домішок у кількості до 10^{-3} – 10^{-4} мас%. Кремній такого ступеня чистоти називається сонячний кремній "Solar Grade Silicon" (SG - Si) і за змістом домішок він займає місце між металургійним і напівпровідниковим кремнієм.

В даний час для зниження вартості при їх виготовлення СБ використовуються відходи напівпровідникового кремнію, що утворюються при виробництві виробів мікроелектроніки. Однак, очікується, що вже до 2010 року потреби в кремнії для СБ перевищать ту кількість матеріалу, яка може бути отримане з відходів напівпровідникового виробництва, в 2-4 рази і складуть. Це пов'язано з тим, що зростання промислового виробництва сонячних елементів значно випереджає темпи зростання виробництва кремнію для мікроелектроніки. За останні 5 років виробництво СБ наземного застосування збільшувалася на 20 -30% щорічно і цей темп зростання не знижується. У 1999 році світовий ринок кремнію для виготовлення СБ склав 75 мільйонів доларів. Очевидно, що необхідно мати альтернативне джерело дешевого (до 20 -25 доларів / кг) кристалічного кремнію для виготовлення СБ. Таким чином, головна проблема наземної фотоенергетики полягає в тому, що використовувані зараз відходи виробництва напівпровідникового кремнію обмежені і не зможуть задовольнити зростаючого попиту в найближчому майбутньому, а використання самого напівпровідникового кремнію економічно недоцільно через його високу вартість.

Найбільш радикальним шляхом вирішення проблеми було б істотне поліпшення якості металургійного кремнію, який після подальшої відносно простого і недорогого очищення буде придатний для виготовлення СБ.

Використання методів прямого руднотермічного відновлення є найбільш привабливим як з точки зору екологічної безпеки, так і з точки зору отримання SG найбільш простим і дешевим методом. Проте навіть використання особо чистих сировинних матеріалів не дозволяє домогтися необхідної чистоти кремнію SG. Знизити вміст домішок в металургійному кремнії можна шляхом електронно-променевого впливу на розплав, при якому плавка відбувається у вакуумі, а домішки випаровуються. В даний час у ряді країн проводяться дослідження методу очищення кремнію електронним променем, з метою усунення етапів хімічного очищення кремнію.

Висновки. Використання електронно-променевої технології для очистки металургійного кремнію MG дозволить отримувати кремній сонячної чистоти SG, який буде повністю відповідати до вимогам виробництва сонячних батарей та буде мати низьку собівартість порівняно з іншими методами.

Література

1. Mauk G. M., Sims P. E., Hall R. B. Feedstock for Crystalline Silicon Solar Cells. Proc. 1th NREL Conf., AIP, Denver, CO, USA, 1997, p.p. 27.
2. Электронно-лучевая технология рафинирования поликристаллического кремния для солнечной энергетики [Текст] / Осокин В.А., Шпак П.А., Панибрацкий В.А. – Металург. – 2008. – № 2. – С.69 – 73.
3. Современное состояние технологии кремния для солнечной энергетики. [Текст] / Нашельский А. Я., Пульнер Э. О. - Высокочистые вещества., №1, 1996, стр. 102-111.