

На кінець жовтня коли опадає листя, спогляданню відкривається маса плодів темно-коричневого кольору, що густо вкривають крону дерева пучками. Зберігаються вони на дереві практично до квітня-травня, насіння протягом зими осипається завдяки розтріскуванню плодів, а оплодні зберігаються, надаючи дереву певної оригінальності аж до початку цвітіння.

Завдяки цьому декоративність плодів оцінюється в чотири бали (рис 4).

Кора стовбурів церцисів рожево-сірувато-бурого кольору, з віком стає тріщинувато-лускуватою. Молоді пагони голі, гладенькі. Кора на них світло-сіра з буруватим відтінком. Тому декоративність стовбура, гілок та пагонів за фактурою кори та кольором оцінюється в три бали (рис 5).

Згідно з вищевказаною характеристикою визначаємо декоративність дерев церцисів ($P_{\text{сер}}$), виходячи з формули запропонованої Н. Котеловою та О. Виноградовою [2]. Отже, в середньому декоративність церцисів складає 4,0 бали.

Високі декоративні властивості церцисів дозволяють широко використовувати рослини в зеленому будівництві. В зв'язку з тим, що церциси розквітають до появи листя, вони можуть бути використані як солітери та невеликими групами по 2-3 дерева і цим сприятимуть прикрашенню пейзажу. При оформленні садів і парків регулярного і ландшафтного типів високий декоративний ефект створюють посадки дерев церцисів на схилах, терасах, тим більше умови таких місцезростань відповідають екологічним умовам їх росту в природних ареалах.

Такі посадки створюють картини рожево-малинових плям на фоні хвойних та листяних дерев. Досить ефектно виглядають церциси в групових посадках з низькорослими декоративними чагарниками.

Блискуче виглядають поодинокі рослини на стриженних газонах, рівних відкритих полянах, гармонуючи з природною рослинністю.

Важливим компонентом регулярного ландшафту є алеї. Алеїні посадки – один з поширених компонентів в українському садово-парковому мистецтві. Як на широких, так і на невеликих ділянках саду вздовж дороги можна розміщувати з невеликим інтервалом дерева церцисів.

Оздоблення присадибних ділянок декоративними рослинами є одним із проявів традицій садово-паркової культури народу. Яскраві церциси гармонійно вбудовувалися б в зелений масив декоративних культур.

При озелененні території навчальних закладів обов'язково враховують вміст отруйних речовин у рослинах. З метою запобігання харчових отруєнь заборонено використовувати рослини, що можуть його спричинити. На Середземномор'ї звідки походить *C. siliguastrum* листя використовують у салати, а пуп'янки замість каперсів. Отже види роду *Cercis* можна рекомендувати для озеленення пришкольських територій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колдар Л.А. Интродукция видов рода *Cercis* L. у Правобережній Лісостеп України та перспективи використання їх у зеленому будівництві: Мат. всеукр. н-пр. конф., Умань. – К.: Знання, 1999. – С. 32-35.
2. Котелова Н.В. Оценка декоративности деревьев и кустарников по сезонам года / Котелова Н.В., Виноградова О.Н. // Физиология и селекция растений и озеленение городов. – 1974. – Вып. 51. – С. 32-44.
3. Мисник Г. Е. Сроки и характер цветения деревьев и кустарников. – К.: Наук. думка, 1976. – 392 с.

УДК 621.382

Солоненко В.І., Панібрацький В.О., Карабун Р.В., Яровенко А.Г. (Україна, Вінниця)

ПЕРСПЕКТИВИ І ПРОБЛЕМИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Відомо, що до 40% зростання енергоспоживання припадає на сектор індустрії, що займається виробництвом електроенергії. Відповідно високі викиди діоксиду вуглецю пов'язані з сектором енергетики [1]. За даними статистики, щорічний приріст споживання енергії складає 2,5-3,5%. Якщо така тенденція збережеться, то підвищення вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері за рахунок спалювання вуглеводнів зумовить парниковий ефект і, отже, глобальне потепління. Атомна енергетика, як альтернативне джерело енергії, також не вирішить глобальних завдань енергозабезпечення з причин складності гарантування безаварійної роботи атомних електростанцій, забезпечення екологічної безпеки, а також проблем захоронення ядерних відходів.

Одним з найбільш перспективних шляхів вирішення цих проблем є сонячна енергетика (фотоенергетика), яка володіє найбільшим потенціалом довгострокового росту серед альтернативних поновлюваних джерел енергії (вітрова, хвильова, гідроенергія і т.д.) [2]. Як відомо, сонячного світла, що падає на Землю за 1 хвилину, достатньо для задоволення річної потреби в енергії. Таким чином, близько 90% викидів, пов'язаних з виробництвом енергії, можна запобігти, замінивши традиційні джерела енергії на фотоелектричні. Згідно з прогнозом Світового енергетичного агентства (IEA), до 2030 року виробництво електроенергії за рахунок поновлюваних джерел зросте майже в три рази, у тому числі сонячної енергії - у 60 разів [3].

Для прямого перетворення сонячної енергії в електричний струм використовують напівпровідникові фотоелектричний перетворювач (ФЕП). Домінуючий напівпровідниковий матеріал для масового виробництва ФЕП - кремній. Характеристики ефективності сонячних елементів (СЕ) на основі кремнію порівняно високі, сировина для отримання кремнію (діоксид кремнію SiO_2 - кварц, кварцові руди, кварцові піски) досить поширена і доступна. Однак, виробництво високочистого напівпровідникового кремнію є проблемою. Для

вирішення проблеми отримання SoG-Si (кремній сонячної градації) необхідне вивчення можливості отримання кремнію для ФЕП шляхом електронно-променевого переплаву (ЕПП) з одночасним рафінуванням кремнію металургійної чистоти, який отримують у відновлювальних руднотермічних печах РТП, для подальшого виробництва моно- мульти- або полікристалічного кремнію сонячної чистоти.

Вибір електронно-променевого рафінування металургійного кремнію обумовлений перевагою нагріву електронним пучком у порівнянні з іншими методами нагріву та чистотою технологічного процесу [3].

Метою цієї роботи є розробка основ електронно-променевої технології переплаву вихідної сировини і рафінування розплаву кремнію в вакуумі, а також дослідження особливостей структури та фізичних параметрів зразків кремнію сонячної градації, отриманих електронно-променевим рафінуванням у вакуумі.

Нами були проведені експерименти з вакуумного і окислювального рафінування металургійного кремнію різних виробників, у вигляді уламків, осколків (рис.1), хімічний склад якого подано в таблиці 1 і на металургійному кремнії підвищеної чистоти, хімічний склад якого подано в таблиці 2. Вихідний металургійний кремній досліджувався після електронно-променевої виплавки у вакуумі при вакуумному і окисному рафінуванні, а металургійний кремній підвищеної чистоти і деякі особливості його рафінування досліджувались за методом Чохральського і електронно-променевим переплавом у вакуумі.

Виходячи з підвищеної чистоти і якісних показників вихідного металургійного кремнію, нами була перевірена можливість отримання монокристалічного матеріалу за допомогою спрямованої кристалізації.

Таблиця 1 – Вміст домішок вихідного металургійного кремнію, ppm

Вхід. серт.	Хімічні елементи, ppm										
	Fe	Mg	Al	Ca	Ti	P	Mn	Ni	Cr	B	Cu
№2	12,8	4,4	18,8	21,1	0,61	3,2	0,21	1,2	7,0	8,45	0,3



Рис. 1 Зовнішній вигляд вихідного металургійного кремнію

Таблиця 2 – Вміст домішок у вихідному металургійному кремнії, більш, ppm1

Елемент	Вміст	Елемент	Вміст
Літій	0,0000	Марганець	0,0200
Бор	2,8325	Залізо	0,3083
Натрій	0,4186	Нікель	0,0322
Магній	0,0084	Мідь	0,3835
Алюміній	0,0719	Миш'як	0,0348
Фосфор	3,5436	Бром	0,0198
Калій	1,1835	Молібден	0,0252
Кальцій	0,0911	Сурма	0,0267
Титан	0,0028	Вольфрам	0,0018
Хром	0,0058		

(1 ppm = 1.10⁻⁴ мас.%)

Аналіз вихідного матеріалу був зроблений в Центральній лабораторії фізико-хімічних досліджень ВАТ «Квazar» (м. Київ). Результати аналізу представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Показники вхідного металургійного кремнію підвищеної чистоти

Назва зразка, розміри,	поверхня	Значення параметрів		
		Тип провідності	Питомий опір, Ом·см	Час життя, н.н.з., мкс
И2, (24x24x4мм)	Верх	n	0,7; 0,22; 0,45	-
	Низ	n	0,3; 0,024	-

Технологічна схема експерименту

Вирощування кристала з рідкої фази за методом Чохральського, що дозволило зробити додаткове очищення за рахунок сегрегації домішок, проводили з кварцового тигля, так як він є в даний час найкращим матеріалом, за джерелом усунення домішок при розчиненні у кремнії, у порівнянні з SiO_2 і графітом. Вирощували злиток при наступних технологічних режимах: швидкість обертання тигля - $10 \dots 12 \text{ хв}^{-1}$, швидкість обертання кристала - 20 хв^{-1} , швидкість росту кристалу - 1 хв^{-1} . Потужність резистивних нагрівачів - 85 кВт . Час отримання розплаву (нагрівання + плавка) – 100 хв . Витрата газу аргону - 600 мл/хв . У результаті отримано злиток кремнію р-типу електропровідності (легований бором), діаметром 85 мм і довжиною 360 мм .

Вакуумне і окислювальне рафінування металургійного кремнію при електронно-променевої плавці проводили роздільно на електронно-променевої установці в мідному водо охолоджуваному тиглі діаметром 80 мм .

У кожному досліді вихідний матеріал вагою $150 \dots 200 \text{ г}$ поміщали в мідний тигель, охолоджуваний водою, і створювали вакуум. Вихідний злиток металургійного кремнію розміщували в центрі тигля для моделювання процесу поперечної подачі, при якому матеріал плавиться поступово з краю злитка. Нагрівання зразка починали з поступового збільшення потужності електронного променя до розігріву і створення розплаву неочищеного кремнію.

У кожному експерименті робили запис даних прискорюючої напруги - U (КВ), струму електронного променя - I (А), вакууму в технологічній камері - P (Торр) і технологічного часу - t (хв). Технологічні режими наведені в таблиці 4.

При вакуумному рафінуванні плавка кремнію і витримка розплаву відбувалися при збереженні постійного значення потужності електронного променя протягом певного проміжку часу. При обробці розплаву кремнію електронно-променевим впливом видалялися домішки з високою пружністю пари.

Таблиця 4 – Технологічні режими рафінування кремнію

Рафінування	Вакуум, P, Торр	Струм в пучку, I(A)	Прискорююча напруга, U(КВ)	Технологічний час, t (хв.)
Вакуумне	10^{-3}	0,35... 0,5	23	17
Окислювальне	$4,8 \cdot 10^{-2}$	0,3 ... 0,5	24	17

Окислювальне рафінування полягало в обробці розплаву кремнію після вакуумного рафінування, киснем, для утворення оксидів домішок (особливо оксидів бору) і їх видалення з поверхні розплаву електронно-променевою обробкою. Швидкість подачі кисню при цьому складала $70 \dots 80 \text{ мл} \cdot \text{хв}^{-1}$. Етап окисного рафінування проводили після вакуумного, за один технологічний цикл. На рис.2 представлена технологічна схема проведення процесу рафінування.

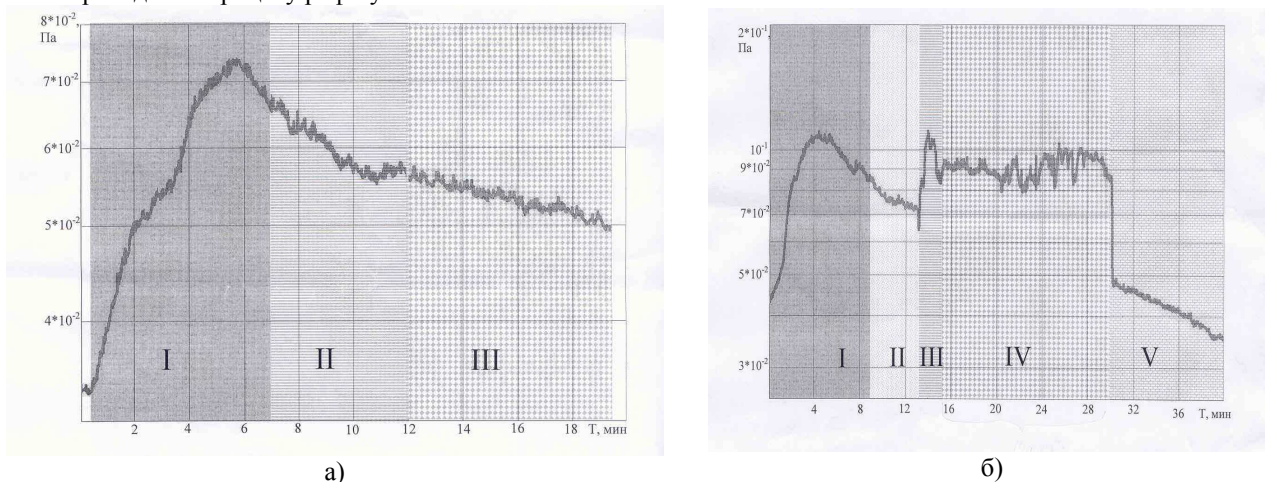


Рис. 2. Технологічна схема проведення процесу вакуумного а) і окисного б) рафінування.

а) стадії процесу: I - переплав, II - рафінування рідкої ванни, III - охолодження злитка; б): I - переплав, II - вакуумне рафінування рідкої ванни, III - вибір режиму натікання кисню до вакууму в технологічній камері $9 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$, IV - рафінування рідкої ванни кремнію в атмосфері кисню, V - охолодження злитка.

Після завершення етапів вакуумного та окислювального рафінування, протягом 15 хв ., зменшували потужність електронного пучка в центрі тигля до його згасання. Це забезпечувало перепад температур від краю до центру, що сприяло сегрегації домішок.

Отримані злитки після електронно-променевого рафінування металургійного кремнію мали параметри сонячного кремнію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 2007 World PV industry report highlights./ «Marketbuss-2008»//www/osp/ru/cv/2008/25/5245612.
- Солоненко В.І., Коваленко К.Л., Шаран М.М., Панібрацький В.О. Водень як акумулятор хаотичної енергії.// Другий всеукраїнський з'їзд екологів, збірник праць, Вінниця, 2009. С.253-255.
- Осокін В.А., Панібрацький В.А. Рафінування металургійного кремнію методом електронно-променевого впливу у вакуумі. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, № 1, 2010 - С.40-47.