



Quartzite



Mg-Si



TCS



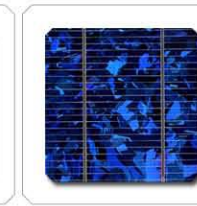
Poly-Si



Ingots



Wafers



Cells



Modules



PV Projects

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ТЕХНОЛОГІЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

д.т.н., професор Критська Т.В.

krytskaja2017@gmail.com

Основні відомості

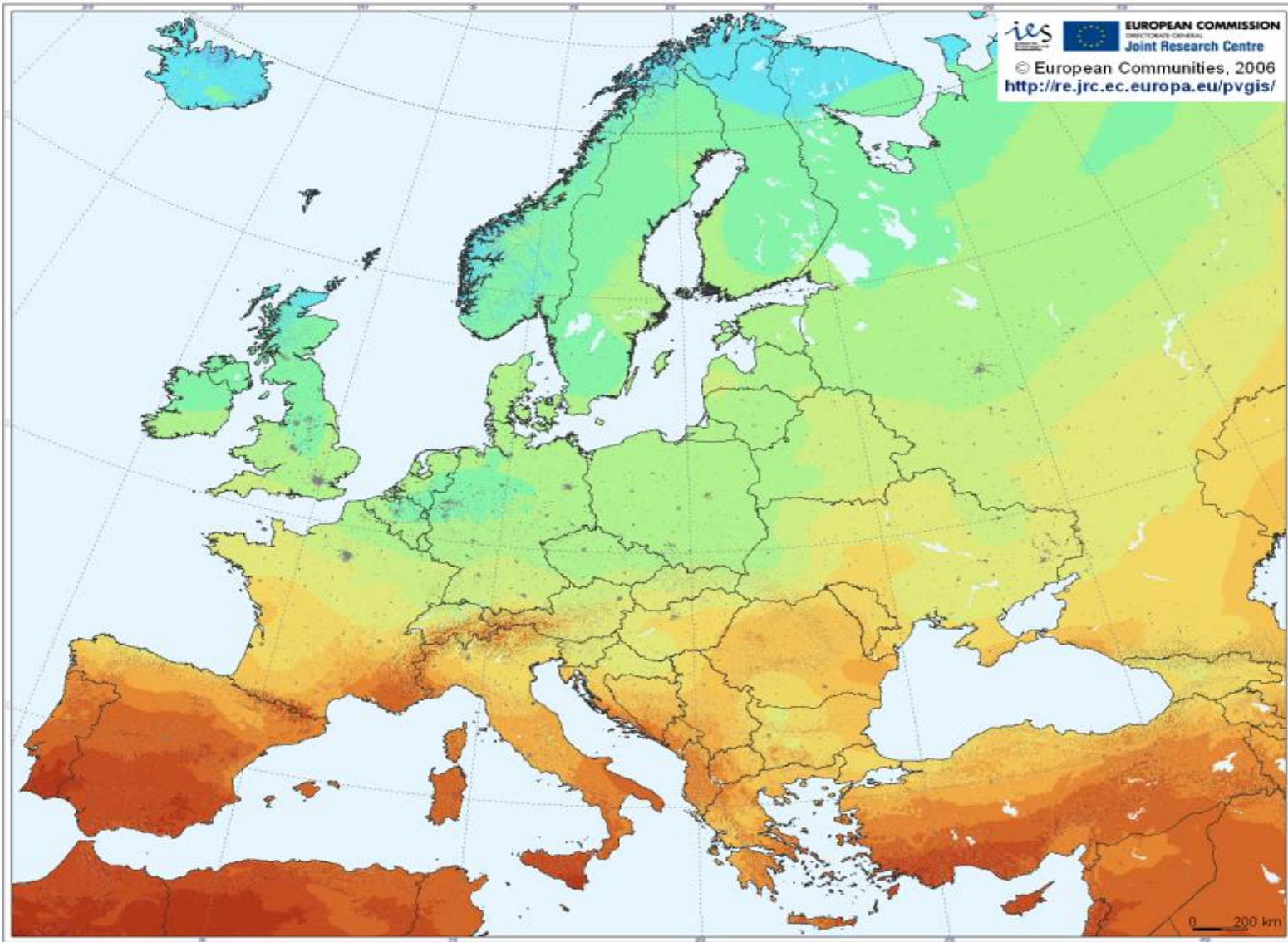
- **Метою** викладання дисципліни «Сучасні підходи до технології фотоелектричних перетворювачів» є формування у студентів професійних знань з правил конструювання та технологій виготовлення фотоелектричних перетворювачів на основі кремнію та гетероструктур.
- **Завданням** вивчення дисципліни є засвоєння фізичних основ роботи, принципів конструювання фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) наземного та космічного використання, що виготовляються на базі одного або кількох р-п- гомо/гетеро переходів, використовуючи контакт метал – напівпровідник, а також формування практичних навичок щодо технологій отримання, експлуатації ФЕП, вирішення конструкторських завдань при їх розробці.
- **Курс** «Сучасні підходи до технології фотоелектричних перетворювачів» є логічним продовженням опанування здобувачами освіти відповідних компетентностей та програмних результатів навчання в рамках спеціальності 171 «Електроніка» другого магістерського рівня. Набуті при вивченні даного курсу знання необхідні у навчальній практиці, виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра та подальшій дослідницькій діяльності в галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій.

Зміст навчальної дисципліни

- **Змістовий модуль 1. Сонячна енергетика та її місце серед інших видів альтернативної енергетики**
- Сонячна енергетика, основні поняття та перспективи розвитку. Рівень інсоляції поверхні Землі та території України. Вплив атмосфери на інтенсивність та спектральний склад сонячного випромінювання. Сонячна постійна. Розподіл сонячної енергії за спектром.
- Альтернативні та відновлювані джерела енергії. Сонячне випромінювання на Землі та в космосі. Історія створення сонячних елементів. Маркетингові відомості. Сучасний стан розвитку фотоелектричної галузі у світі. Фірми-виробники матеріалів та комірков промислових ФЕП
-
- **Змістовий модуль 2. Перспективні технології фотовольтаїки**
- Перспективи подальшого використання енергії Сонця. Напівпровідникові матеріали. Елементарні напівпровідники, напівпровідники груп A_2B_6 , A_3B_5 . Перовскіти. Наноструктури у сонячній енергетиці. Графен. Аморфні напівпровідники. Поруватий кремній.
- Сучасні промислові технології кремнію для фотовольтаїки. Карботермічне відновлення кварцитів. Методи рафінування металургійного кремнію. Методи одержання зливків мульти-кремнію, стрічок, монокристалів Si. Технологія «квазімоно».
-

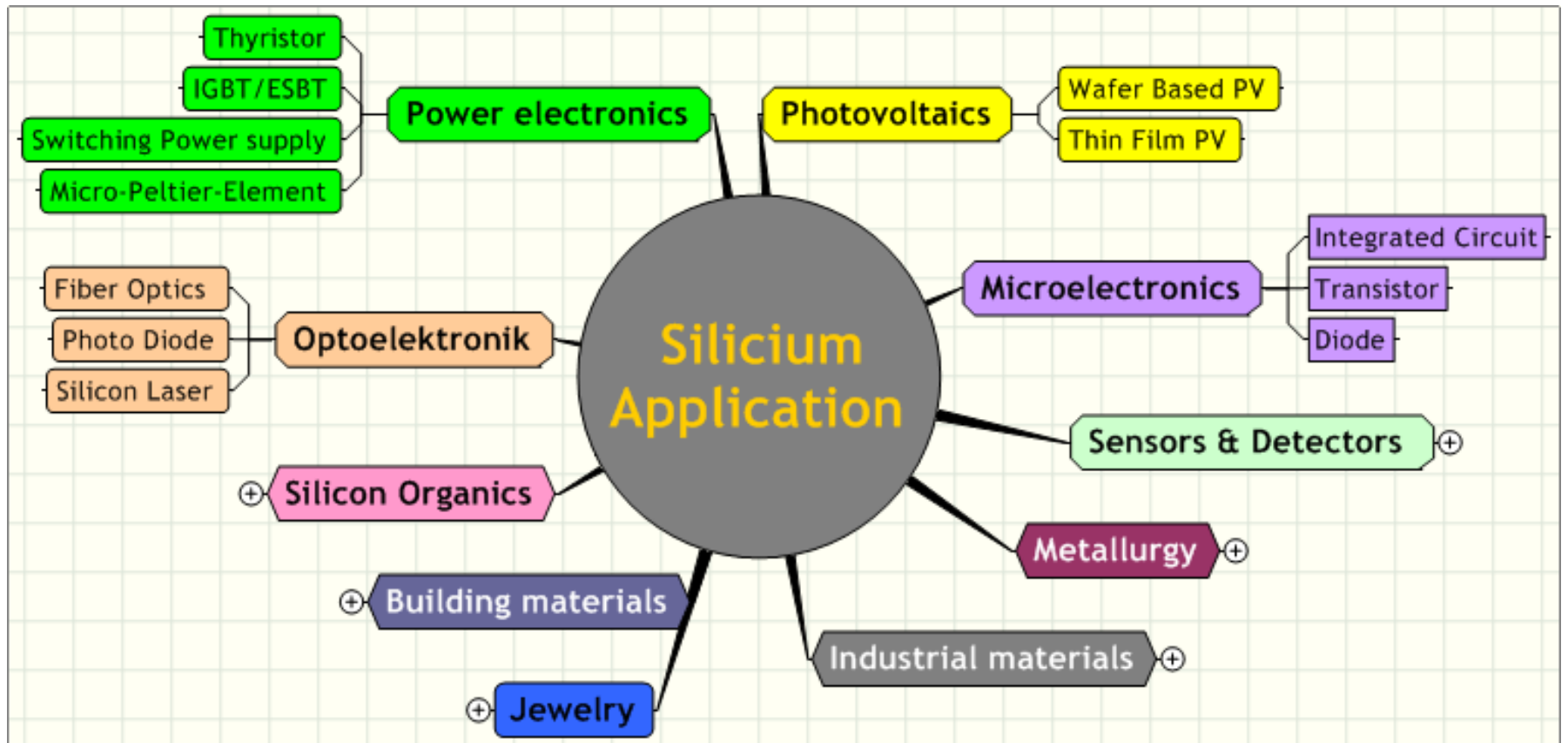
- **Змістовий модуль 3. Принципи роботи сонячних елементів з гомогенним, гетерогенним електронно-дірковими переходами та структур з бар'єрами Шотткі**
- Ідеальний та реальний сонячні елементи з електронно-дірковм переходом. Ефективність фотоперетворення. Вольт-амперна характеристика ідеальних та реальних ФЕП. Вплив температури і радіації на ККД сонячного елемента. Технічні параметри і характеристики ФЕП. (напруга холостого ходу, залежність вихідної потужності від напруги, спектральна чутливість, умови досягнення режиму максимальної вихідної потужності, FF - коефіцієнт заповнення).
- Визначення, існуючі моделі, енергетичні діаграми гетеропереходу. Ізотипні, анізотипні, ідеальні, неідеальні гетеропереходи. Поняття електричної спорідненості та побудова енергетичної діаграми гетеропереходу. Вимоги до матеріалів, що складають перехід, енергетична діаграма гетеропереходу. Сонячні елементи на бар'єрах Шотткі . Діаграма енергетичних зон, фізичний принцип роботи елемента. Сонячні елементи на МДН-структурах.
- **Змістовий модуль 4. Основні типи сучасних конструкцій ФЕП наземного та космічного використання**
- Існуючі та перспективні конструкції ФЕП. Технології PERC, PERT, PERL. Технологія HJT, концентраторні ФЕП. Тонкоплівкові ФЕП на базі сульфідів та телуридів, багатокомпонентних з'єднань зі структурою халькопіритів. Органічні ФЕП. Багатоперехідні ФЕП. Порівняльний аналіз сучасних ФЕП. ФЕП для космічних апаратів. Типи конструкцій космічних сонячних батарей. Вплив власних і зовнішніх факторів на роботу сонячних батарей, матеріали і обладнання космічних апаратів.
-

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Yearly sum of global irradiation incident on optimally-inclined south-oriented photovoltaic modules Global irradiation [kWh/m²] <600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200>

Yearly sum of solar electricity generated by 1 kWp system with optimally-inclined modules and performance ratio 0.75 Solar electricity [kWh/kWp] <450 600 750 900 1050 1200 1350 1500 1650>



| Why there are high hurdles to overcome?

Requirements of Purity



1 impurity is allowed related to following amounts of host atoms - including atoms of materials like B, P, As, Al, metals, O, C, N:

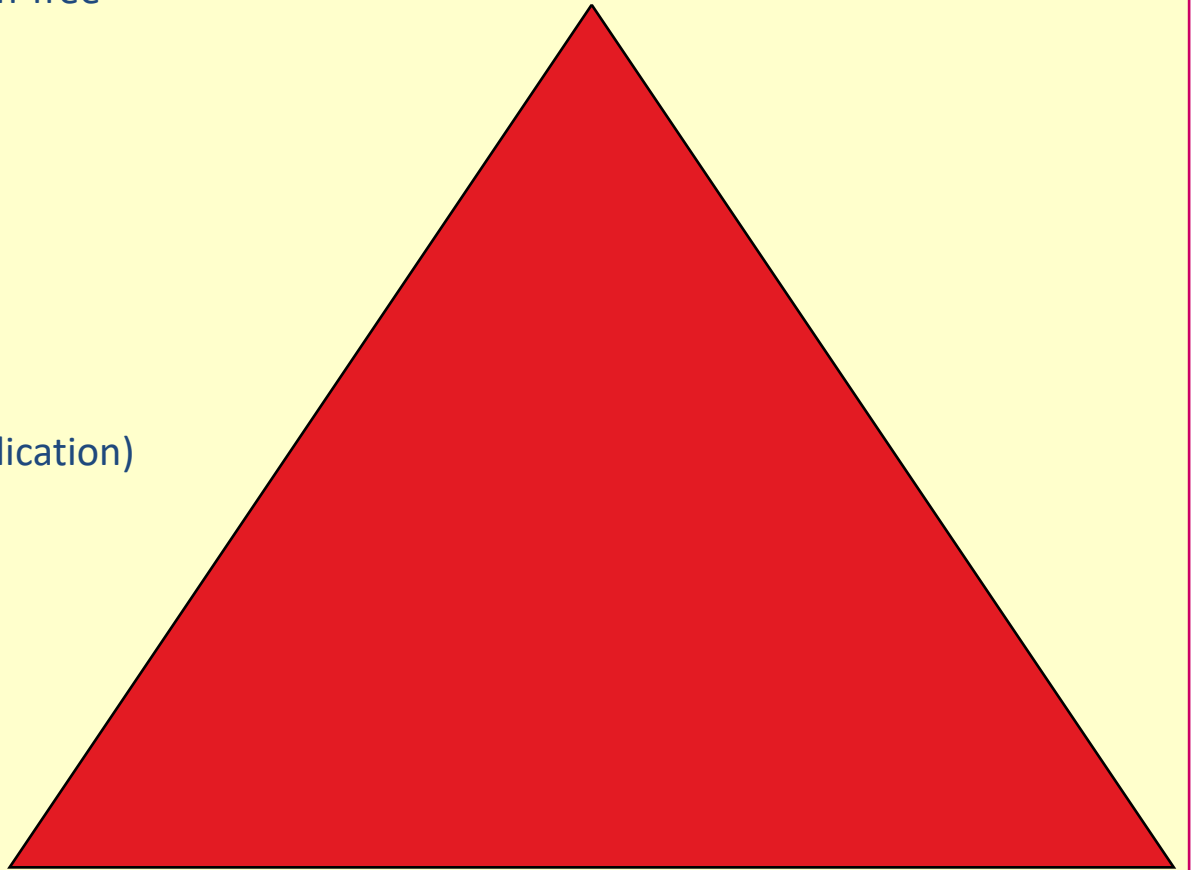
Impurity atoms/Si atoms	Purity level	Purity(%)	Material type	
1.000.000.000.000 atoms Si		0,999999999999	99,9999999999	12N eg**
100.000.000.000 atoms Si		0,99999999999	99,999999999	11N eg*
10.000.000.000 atoms Si		0,9999999999	99,99999999	10N eg
1.000.000.000 atoms Si		0,999999999	99,9999999	9N sg**
100.000.000 atoms Si		0,99999999	99,999999	8N sg*
10.000.000 atoms Si		0,9999999	99,99999	7N sg
1.000.000 atoms Si		0,999999	99,9999	6N umg**
100.000 atoms Si		0,99999	99,999	5N umg*
10.000 atoms Si		0,9999	99,99	4N umg
1.000 atoms Si		0,999	99,9	3N mg**
100 atoms Si		0,99	99	2N mg* SiO ₂ *
10 atoms Si		0,9	90	1N mg SiO ₂ ⁻



Requirements of Crystalline Perfectness



- FZ mono crystalline, dislocation-free
- CZ mono crystalline
- multi crystalline
- micro crystalline (thin film application)
- poly crystalline
- amorphous



FZ = Float Zone melting , CZ = Czochralski method

Why you need technology consulting?

You get offered technologies from different providers

- How you can chose the best offer?
- Does your experts worked with actual technic of this provider or other providers?
- Do they know the week points?
- Do they have an overwev about current technologies
- Do they have worked with Monosilan, Titanium, Germanium etc.

Схема отримання напівпровідникового кремнію



Вміст домішкових елементів в сировинних матеріалах істотно впливає на якість кристалічного кремнію, тому важливе значення має вибір родовищ. За даними геохімічних досліджень, найпоширенішим мінералом в земній корі є кварц, який в окремих родовищах утворює крупне скупчення кремнезему високого ступеня чистоти.

СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КРЕМНІЮ



КАЛЬЦИТ
CALCITE
Белое море, о. Медвежий
White Sea, Medvezhy Island

МАГНИТ
MAGNETITE
Аппалачские горы
Marathon Ky.











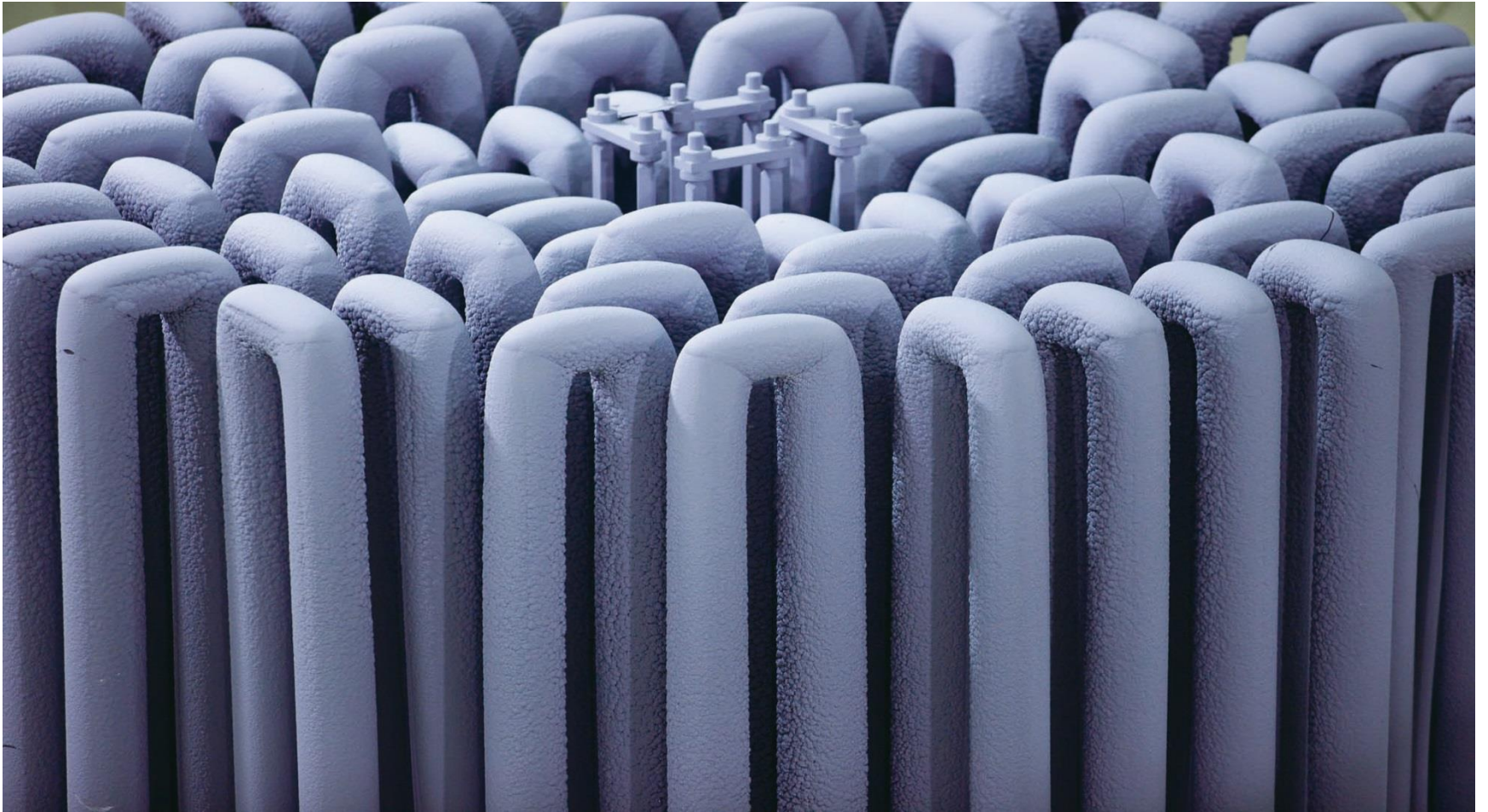
СПОДУМЕНОВАЯ РУДА



We know how to improve Silicon deposition



We know how to improve Si-Quality



We can help you set up optimal process parameters



Our Patents

Process purification of chlorosilanes Patent USSR certificate № 1800795 from 06.04.91, Goskomizobret. registered 09.10.1992 Ivanov V.M., Gront A.N., Krikavtsov V.I.

Method for obsession of silane Patent Ukraine № 42972 of patent issuance. Ukraine № 2000095436 from 22.09.2000. Iss. 6 from 15.06.2004.2 Petrik A.G., Shvartsman L.Y.

A method for silane producing Pat. Russia № 2174950 from 15.08.2002, Iss. № 29 from 20.10.20015 Beketov B.A. Petrik A.G. Schwartzman L.Y.

Method for silane producing Patent Slovakia № SK 182 02001. 2003.07.01. Priority Number SK2001000 1820 2001 112113 A. Petryk, Leonid Shvartsman.

Method for silane producing Patent. Russia № 2174950 from 15.08.2000, Iss. № 28 from 10.10.20064 Schwartzman L.Ya. Petrik A.G. Beketov BA, Jandaia N.M, Zhirkov A.B.

Method for silane producing Japanese patent № 2008-532688 registered 10 February 2012 Peter Adler, Raymunt Sonnenschein, Yuri Kasatkin, Adolf Petrik, Leonid Shvartsman.

Method of silicon single crystals growing in groups Patent USSR №1005508 from 06.01.81, Goskomizobret. 16.11.1982 Schwartzman L.Y., Moiseev G.V., Bezv V.E., Muzyka V.S.

Method for producing of molded parts from single crystals of silicon Patent USSR № 1001703 from 02.05.82, Goskomizobret. 2.10.823 registered Schwartzman L.Y., Bezv V.E., Pometun B.V., Semenov A.I.

Method for producing of doped silicon single crystal Patent. USSR № 976724 on 30/09/80, Goskomizobret. 21.07.1982 Schwartzman L.Y., Neymark K.N., Petrik A.G., Osovsky M.I.

Method of disposal of the outgoing gas mixture and chlorosilanes recovery Patent USSR № 875762 on 07.09.1979, Goskomizobret. registered 22.06.1981 Shvartsman L.Y., Semenov A.I., Pometun B.V., Danilevsky AL

Method for manufacturing products made of synthetic quartz glass Patent № 839,212 25.05.79g., Goskomizobreteniy reg. 13.02.1981 Schwartzman L.Y., Pometun B.V., Solovev V.H., Semenov A.I.

Method for measuring the lifetime of minority carriers in the "pin" - structures Patent № 716446 of 06.10.1978., Goskomizobreteniy reg. 14.04.80g.3Shvartsman L.Y., Boychenko B.L., Kulinich A.F., Pudko I.F.

Method for producing silicon structures Patent № 669,996 26.04.77g., Goskomizobreteniy reg. 28.02.79g.3 Schwartzman L.Y., Kuznetsov G.D. Puhov Yu.G., Bakumenko V.I.