



*This project
is supported by:*

The NATO Science for Peace
and Security Programme



Технологія термоелектричних напівпровідникових матеріалів для середньотемпературного діапазону (150-500 °C)

**Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника
Фізико-хімічний інститут
Кафедра фізики і хімії твердого тіла**

**вул. Шевченка, 57
76018, м. Івано-Франківськ
тел.: 0342-596082**

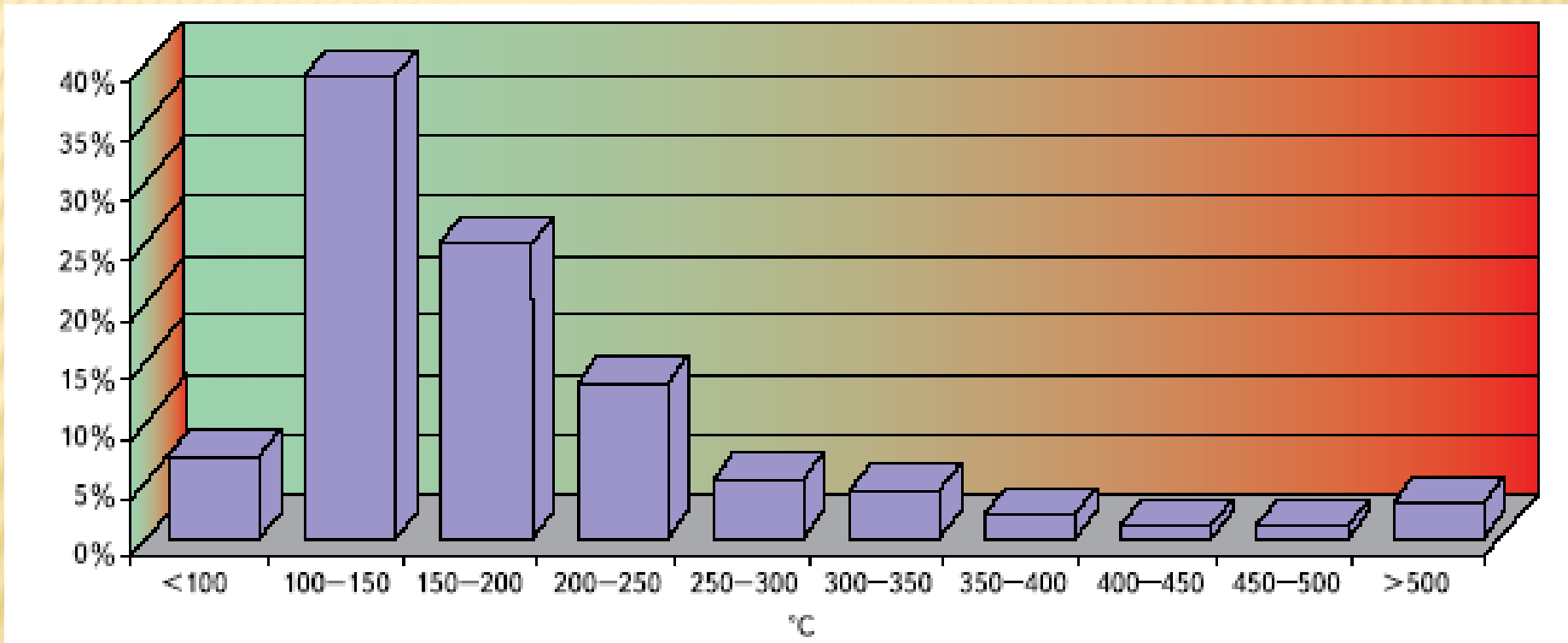
http://www.pu.if.ua/inst/phys_che/

**Д.М. Фреїк –
Заслужений діяч науки і техніки
України,
академік Міжнародної
термоелектричної академії,
завідувач кафедри фізики і хімії
твердого тіла, директор Фізико-
хімічного інституту, д.х.н.,
професор**

ЗМІСТ

1. Проблеми використання теплової енергії.
2. Фрагменти історії термоелектрики.
3. Термоелектричні матеріали і модулі.
4. Тонкоплівкова термоелектрика.
5. Квантово-розмірна термоелектрика.
6. Використання термоелектричних пристроїв.
7. Термоелектричне матеріалознавство у Фізико-хімічному інституті
8. Висновки.

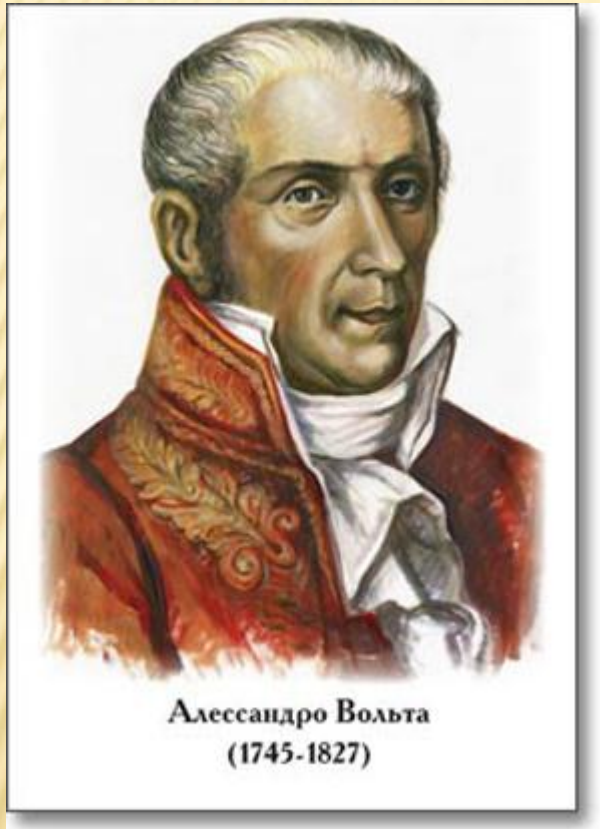
Проблеми використання теплової енергії



Залежність втрат теплової енергії від розподілу температур поверхні промислових агрегатів.

П. Шестаковский. Термоэлектрические источники альтернативного питания // Новые технологии. № 12. с.131-138- (2010).

Термоелектрика: історія та перспективи



Алессандро Вольта
(1745-1827)

У книзі Маріо Глоззі «Storia della Fisica» вперше представлена робота А. Вольта у 1794 р.

Алессандро Вольта (Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta)
(1745-1827)

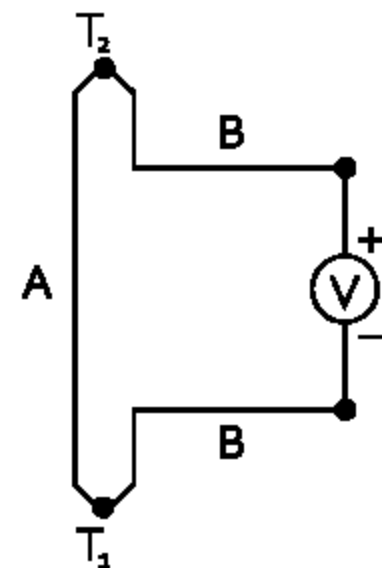
Термоелектрика: історія та перспективи



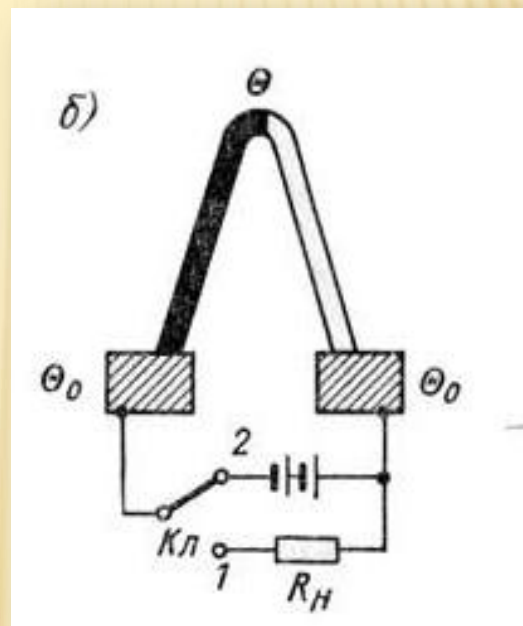
Томас Іоганн Зеєбек (Thomas Johann Seebeck)
(1770-1831)



14 грудня 1820 року –
демонстрація
ефекту Зеєбека



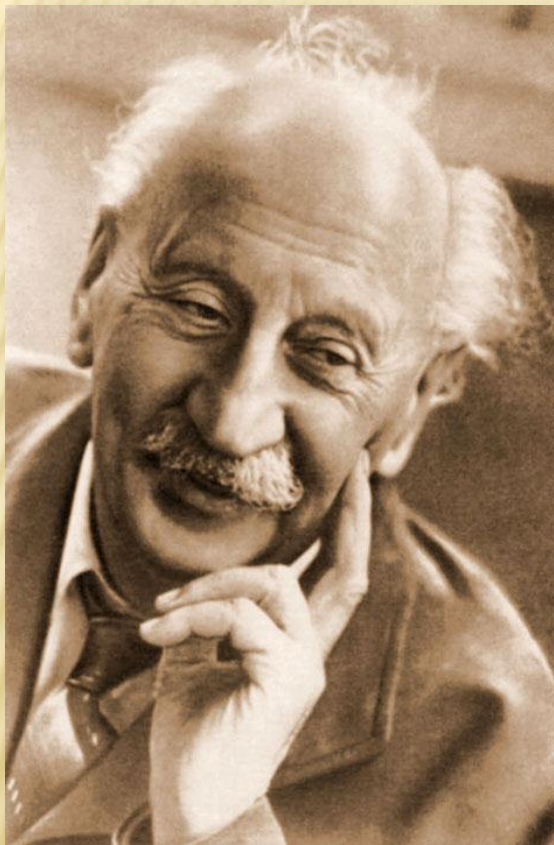
Термоелектрика: історія та перспективи



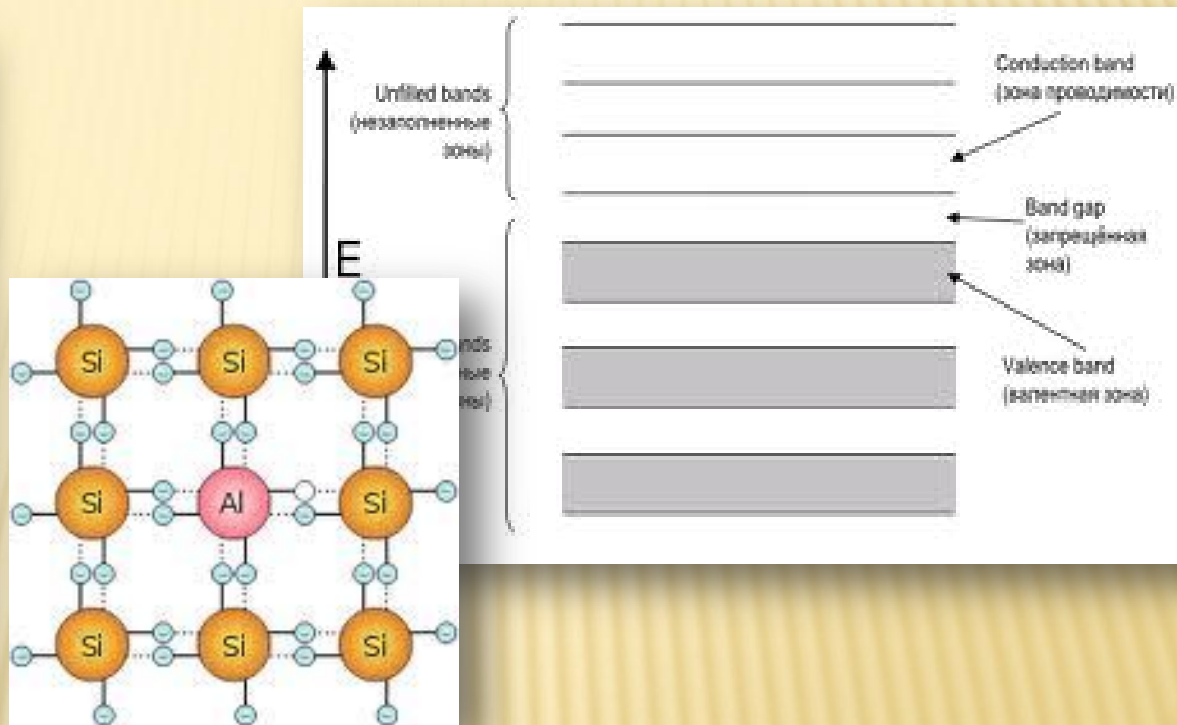
1834 року – демонстрація термоелектричного охолодження (ефект Пельтьє)

Жан Шарль Пельтьє (Jean-Charles Peltier)
(1785-1845)

Термоелектрика: історія та перспективи

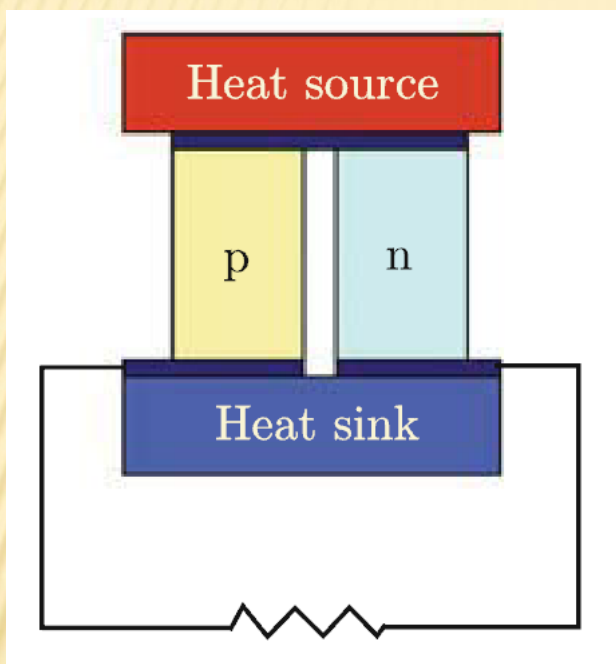


Абрам Федорович Іоффе
(1880-1960)



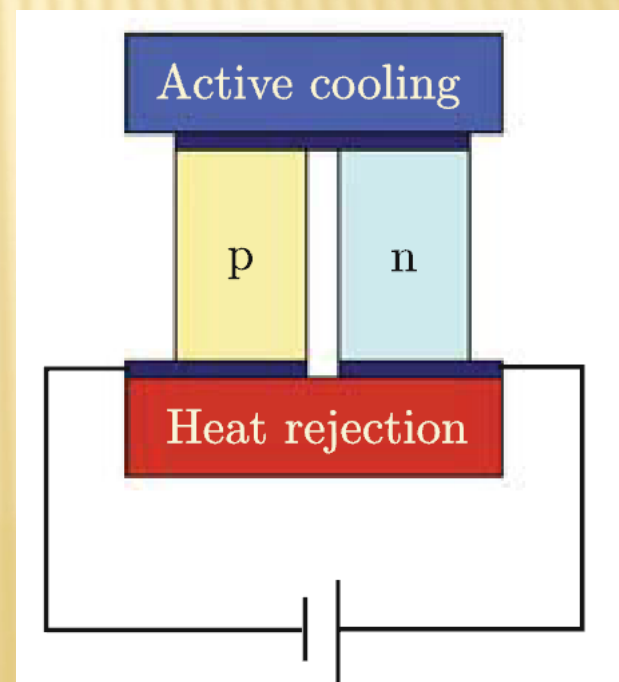
1950 рік – книга “Напівпровідникові термоелементи і термоелектричне охолодження”

Термоелектричні модулі та термоелектричні матеріали



- **термоелектричні генератори (ТЕГ)** –
пряме перетворення тепла в
електроенергію;

термоелектричні охолоджувачі –
пряме охолодження об'єкта шляхом
пропускання струму через термоелемент.



Термоелектричні модулі та термоелектричні матеріали

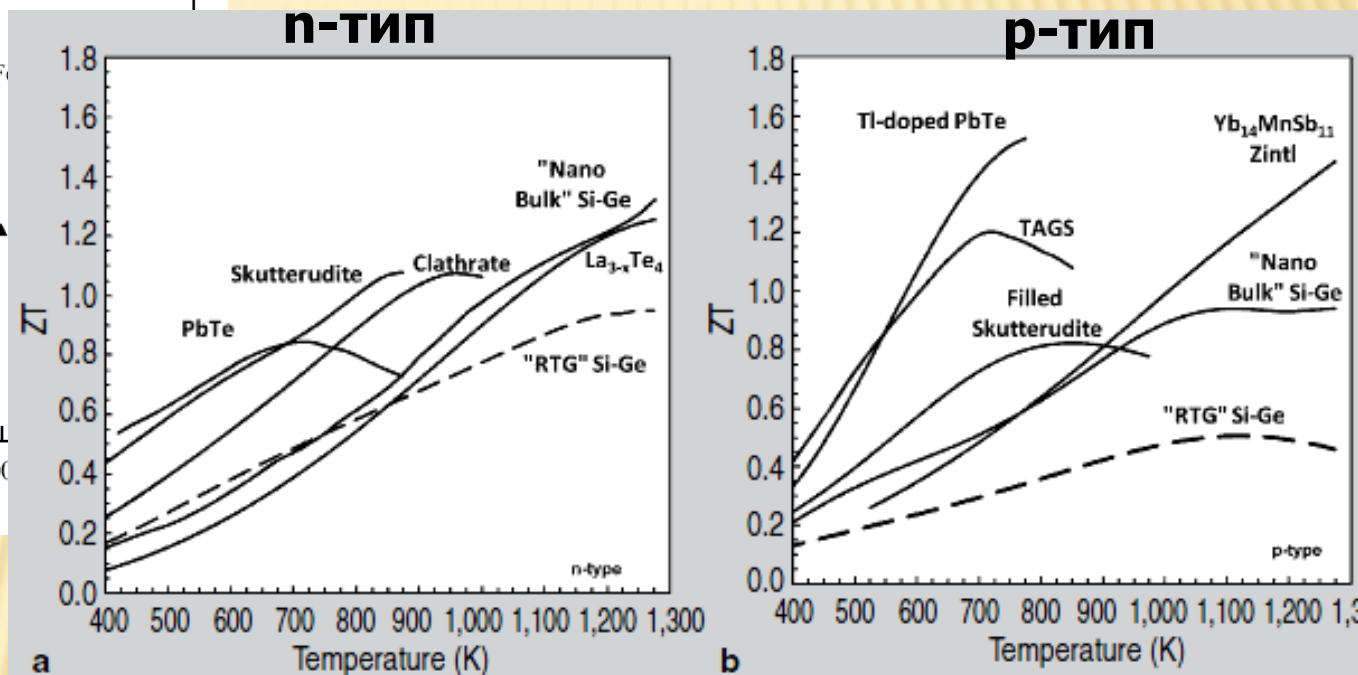
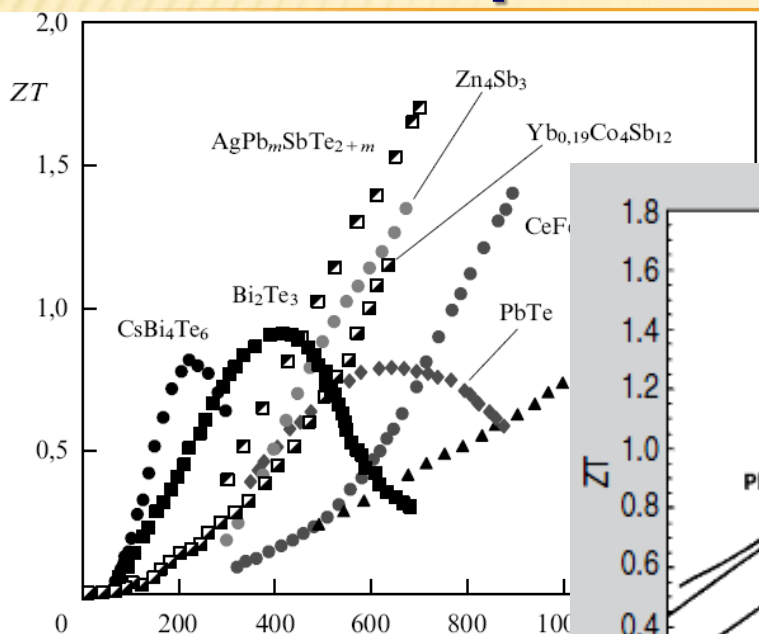


Figure 5. ZT values as a function of temperature for (a) n-type and (b) p-type bulk thermoelectric materials characterized at JPL.

$$ZT = \frac{S^2 T}{\rho k} = \frac{S^2 \sigma T}{k}$$

S – коефіцієнт термо-Е.Р.С.

σ – питома електропровідність

k – питома теплопровідність



Термоелектрична ефективність матеріалу

Термо-Е.Р.С.

$$S = \frac{k_0}{e} \frac{\pi^2}{3} \frac{k_0 T}{\mu} (r + 1)$$

$$\alpha = \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{\langle \tau_0 x \rangle}{\langle \tau_0 \rangle} - \frac{\varepsilon_F}{k_0 T} \right) \quad \langle \alpha \rangle = \frac{4}{3\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} \alpha(x) x^{3/2} e^{-x} dx$$

Електропровідність

$$\sigma = en\mu$$

$$\sigma = e^2 n \tau / 2m$$

$$\tau(\varepsilon) = \tau_{0r}(T) \left(\frac{\varepsilon}{k_0 T} \right)^{r-1/2} \frac{\left(1 + \frac{\varepsilon}{\varepsilon_G} \right)^{r-1/2}}{\left(1 + \frac{2\varepsilon}{\varepsilon_G} \right)}$$

Термоелектрична ефективність матеріалу



Теплопровідність

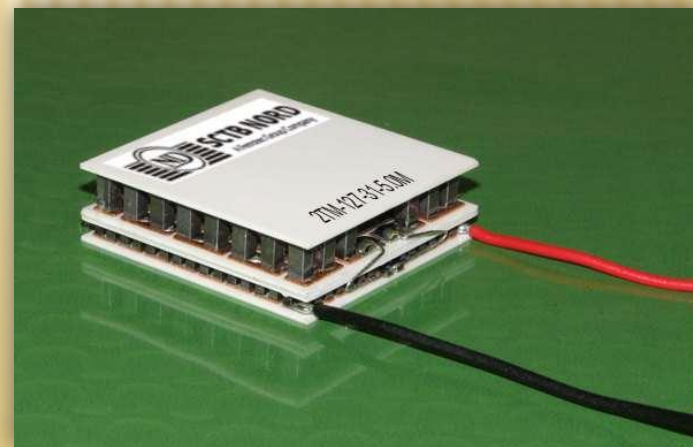
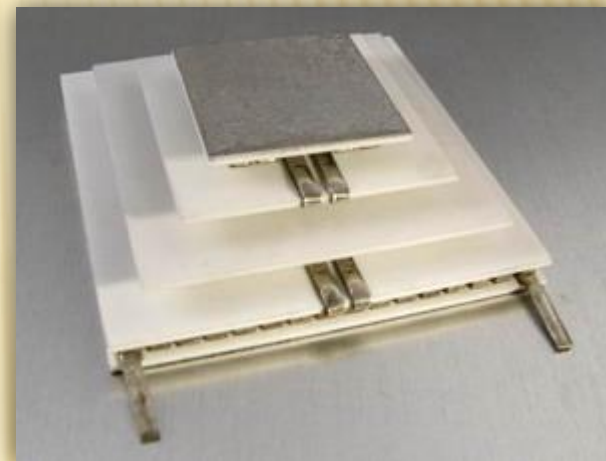
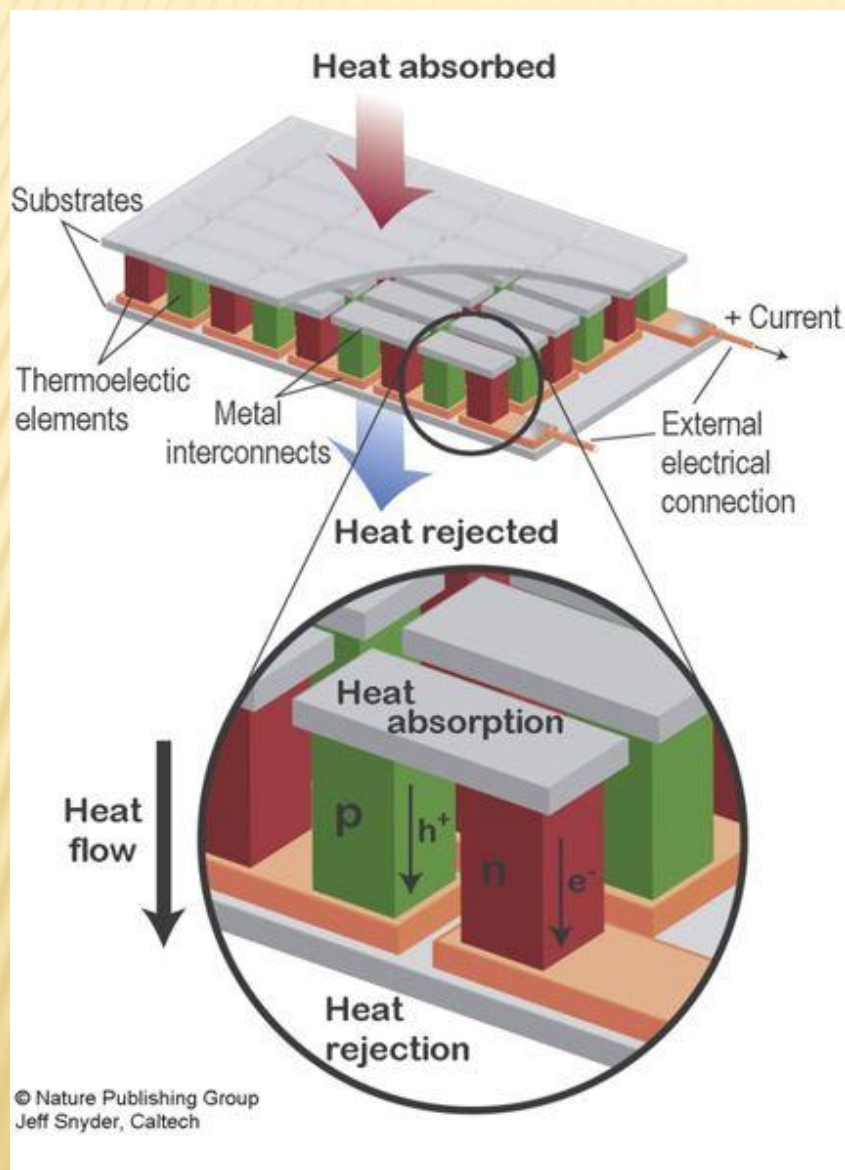
$$\chi = \chi_{ел} + \chi_{гр} + \chi_{фт} + \chi_{б}$$

$$\chi = \chi_{ел} + \chi_{гр}$$

$$\chi_{ел} = L \sigma T, \quad \text{де} \quad L = (r + 2)(k_0 / e)^2$$

$$\chi_{гр} = \frac{2k_0 \chi_{ел}}{\alpha e - 2k_0}$$

Термоелектричні модулі





Аспекти розрахунку ефективності термоелементів

$$\eta = \frac{P_0}{Q_{\text{гар.}}}$$

- коефіцієнт корисної дії термоелемента

P_0 – електрична потужність, яка знімається на навантаженні,

$Q_{\text{гар.}}$ – тепловий потік на гарячій стороні термоелемента

$$P_0 = I^2 \cdot R$$

$$Q_{\text{гар.}} = K\Delta T + ST_{\text{гар.}}I - \frac{1}{2}I^2R$$

$K\Delta T$ – тепловий потік через термоелемент, $ST_{\text{гар.}}$ – поглинуте тепло на гарячому спаю,

I^2R – тепло Джоуля на гарячому спаю

Оптимальний ККД термоелемента:

тут $\bar{T} = (T_{\text{гар.}} - T_{\text{хол.}}) / 2$

$$\eta_{\text{опт.}} = \frac{\frac{\Delta T}{T_{\text{гар.}}} \left(\sqrt{1 + Z\bar{T}} - 1 \right)}{\sqrt{1 + Z\bar{T}} + \frac{T_{\text{хол.}}}{T_{\text{гар.}}}}$$

Технологія термоелектричних напівпровідникових матеріалів для середньотемпературного діапазону (150-500 °C)



Розроблена технічна документація синтезу термоелектричних матеріалів на основі напівпровідників IV-VI: $Pb(Sn)Te(S,Se)$.

Отримані високі термоелектричні параметри досягнуті завдяки новим підходам:

- інженерії дефектної підсистеми,
- напрямленому легуванню домішками (In, Tl, Ga, K, Na, Cl, Bi, Sb),
- створенню нових твердих розчинів.

Незалежною організацією складено бізнес-план синтезу термоелектричного матеріалу та виробництві на його основі термоелектричних модулів.

Результати захищено понад 50 патентами!



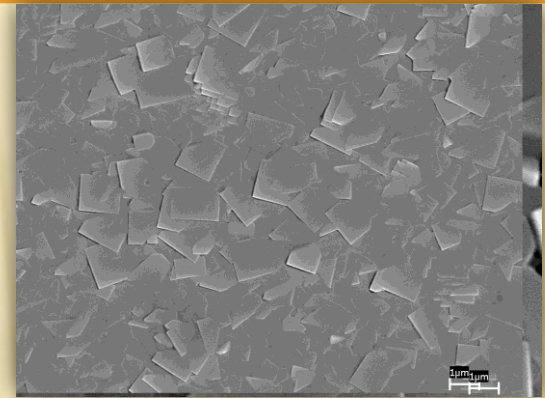
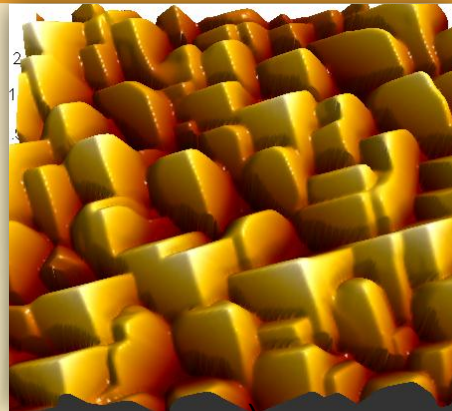


Технологія термоелектричних напівпровідникових матеріалів для середньотемпературного діапазону (150-500 °С)

Сполука	Питома електропровідність $\sigma, \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$	Коефіцієнт термо-е.р.с. $\alpha, \text{ мкВ/К}$	Термоелектрична потужність $\alpha^2\sigma\cdot 10^6, \text{ Вт}\cdot\text{К}^{-2}\cdot\text{см}^{-1}$	Коефіцієнт теплопровідності $\chi\cdot 10^3, \text{ Вт}\cdot\text{К}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$	Термоелектрична добротність $Z\cdot 10^3, \text{ К}^{-1}$
Sb_2Te_3	2000-4000	+89	15,8-31,7	47,0	3-4 (р)
Bi_2Te_3	500	+240 -(120-240)	28,8 12,2-39,2	17,5 15,0-29,0	2,1-2,2 (р) 2,4-2,6 (n)
PbTe	130-430 200-500	150-180 -(110-220)	2,8-14,0 6,0-9,7	23,0 27,0	1,4 (р) 2,0 (n)
GeTe	1000-2000	40-55	3,0-5,0	95,0	0,9 (р)
SnTe	3000-4000	40-50	5,0-9,0	67-95	0,1-0,2
$\text{Ge}_{0,95}\text{Pb}_{0,05}\text{Te}$	3278	35	4,1	12,35	0,34
$\text{Pb}_{0,87}\text{Ge}_{0,13}\text{Te}$	110	274	8,3	10,1	0,82
$\text{Pb}_{0,85}\text{Ge}_{0,15}\text{Te}$	61	296	5,34	5,01	1,07
$\text{Pb}_{1,0}\text{Sn}_{0,1}\text{Te}_{0,05}\text{Se}_{0,07}$	318	204	13,25	18,9	0,7
$\text{Pb}_{1,4}\text{Sn}_{0,5}\text{Te}$ (650 K)	580	150	13,05	16,8	0,8
$\text{Pb}_{1,5}\text{Sn}_{0,5}\text{Te}$ (700 K)	500	170	14,45	16,4	0,9
$0,777(\text{Bi}_{0,55}\text{Sb}_{0,45})_2\text{Te}_3 + 0,223\text{Ge}_{0,9}\text{Pb}_{0,1}\text{Te}$	860-1780	+(111-157)	21,2-22,0	15,1-19,8	1,1-1,4 (р)
$0,774(\text{Bi}_{0,62}\text{Sb}_{0,38})_2\text{Te}_3 + 0,226\text{Ge}_{0,75}\text{Sn}_{0,25}\text{Te}$	1110-1140	137-142	20,9-23,1	17,3-19,0	1,10-1,33
$0,77-0,74(\text{Bi}_{0,63}\text{Sb}_{0,37})_2\text{Te}_3 + 0,23-0,26\text{GeTe}$	500-3000	+158 -148	21,0 12,0	17,0	1,17
$0,77(\text{Bi}_{0,6}\text{Sb}_{0,4})_2\text{Te}_3 + 0,23\text{Ge}_{0,9}\text{Sn}_{0,1}\text{Te}$	820	157	20,2	16,8	1,20
$0,77(\text{Bi}_{0,6}\text{Sb}_{0,4})_2\text{Te}_3 + 0,23\text{Ge}_{0,35}\text{Sn}_{0,2}\text{Te}$	580	200	23,2	16,3	1,42
$(\text{GeTe})_{0,98}(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_{0,02}$	3200	54	9,33	88,0	0,1
$(\text{GeTe})_{0,975}(\text{Cu}_2\text{Te})_{0,025}$	4450	48	10,25	91,0	0,11
$(\text{PbTe})_{0,99}(\text{Eu}_2\text{Te}_3)_{0,01}$	2580	28,7	2,125	16,4	0,13
$(\text{PbTe})_{0,99}(\text{SmTe})_{0,01}$	4800	25	3,0	20,0	0,15
$(\text{SnTe})_{0,85}(\text{MnTe})_{0,15}$	1709	72,4	8,95	24,5	0,36
$(\text{SnTe})_{0,97}(\text{Cu}_2\text{Te})_{0,03}$	4900	57	16,25	35,0	0,46
$(\text{GeTe})_{0,98}(\text{AgSbTe}_2)_{0,02}$	200	205	8,4	9,0	0,93



Технологія тонкоплівкового термоелектричного матеріалу



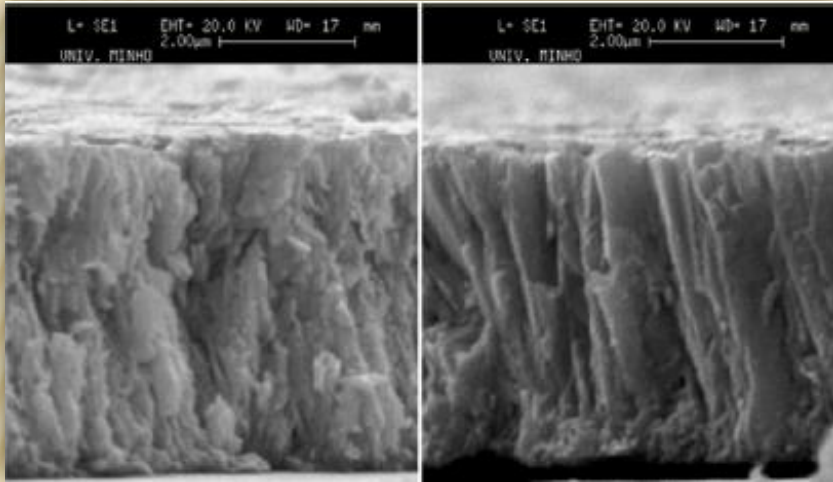
Тонкі плівки PbTe на підкладках зі слюди (a) та скла(b).

Розроблено технологію отримання термоелектричних тонких плівок із наперед заданими властивостями (структура, топологія, морфологія, електричні властивості)

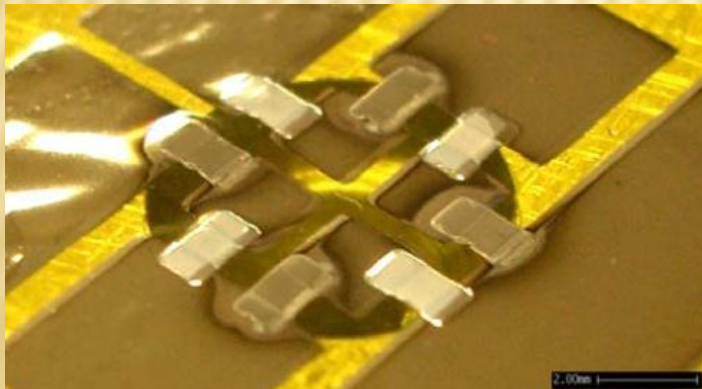


Серія патентів **“Отримання термоелектричних наноматеріалів”** отримала диплом переможця VI-ої міжнародної виставки винаходів і нових технологій “Новий час” (2010).

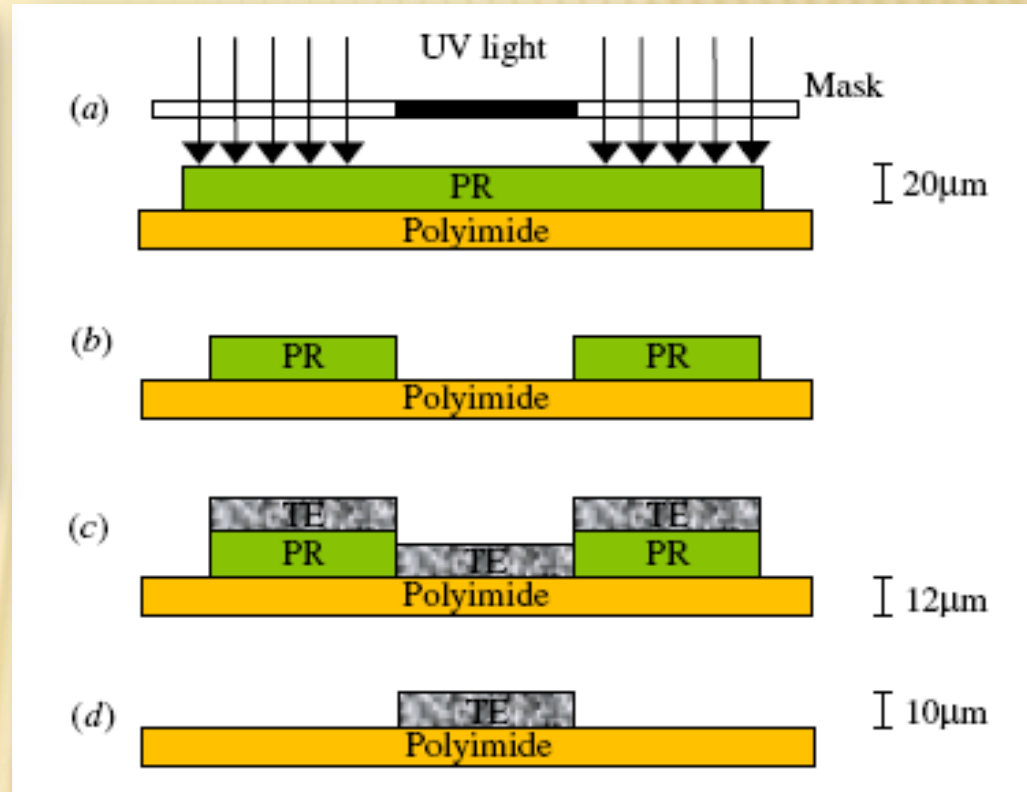
Технологія тонкоплівкового термоелектричного матеріалу



СЕМ-зображення тонких плівок Sb_2Te_3 та Bi_2Te_3 .

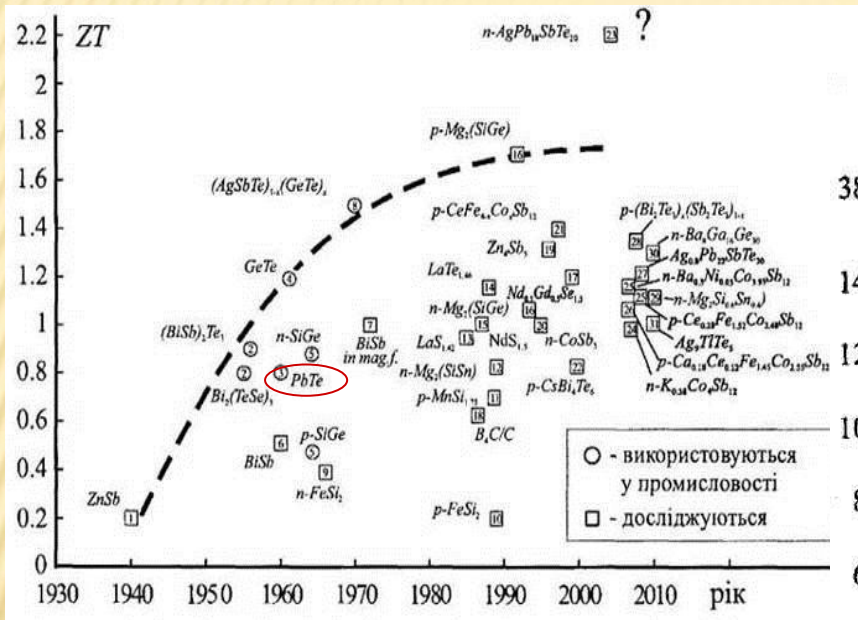


Мікроохолоджуючий пристрій на поліамідній підкладці.

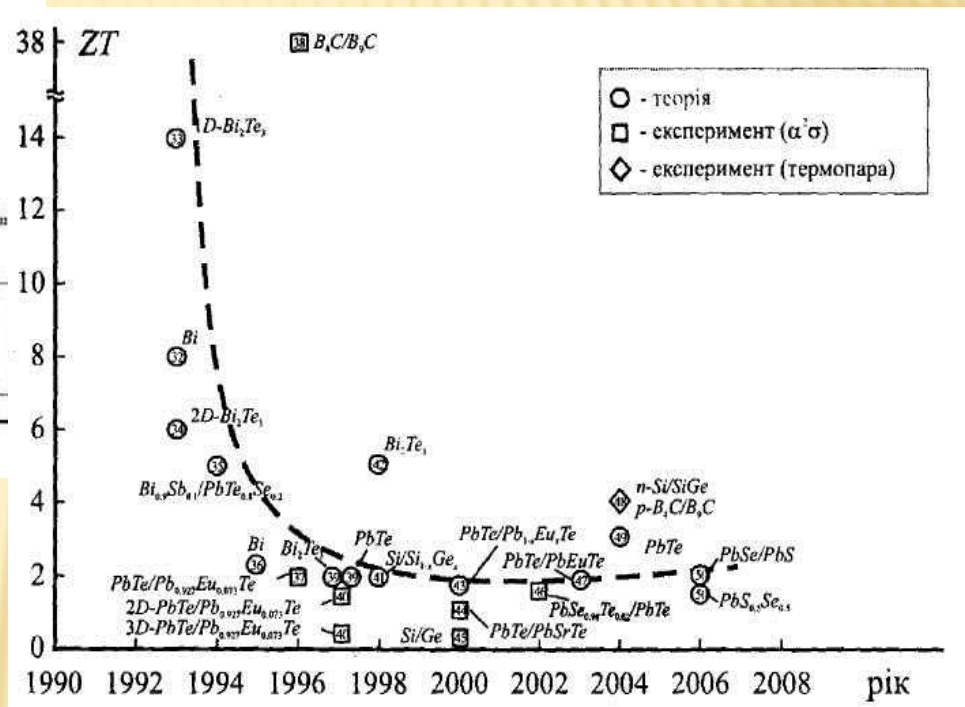


Процес літографії термоелемента.

Отриманні квантово-розмірного термоелектричного матеріалу

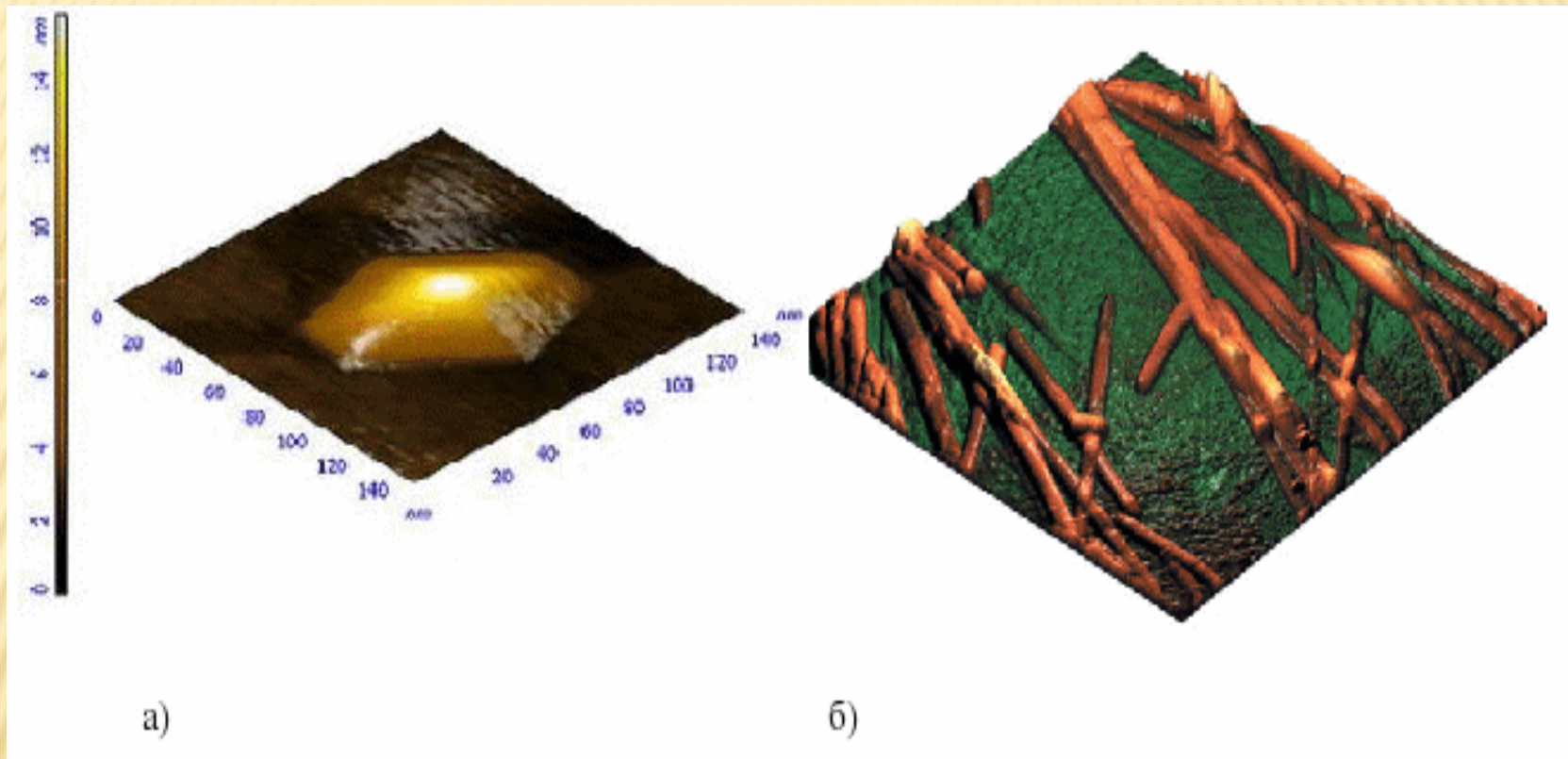


Зростання добротності термоелектричних матеріалів



Розвиток уявлень про можливості підвищення добротності наноматеріалів

Наноструктури

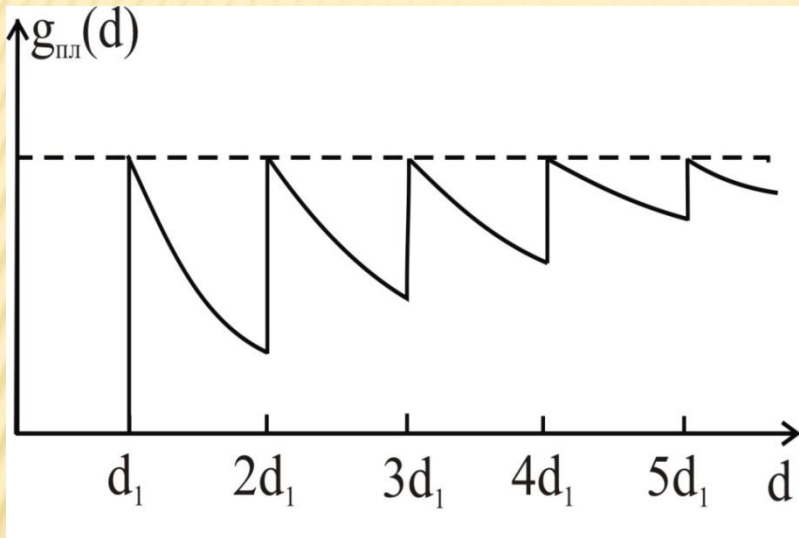


Приклади квантових ниток і квантових точок:

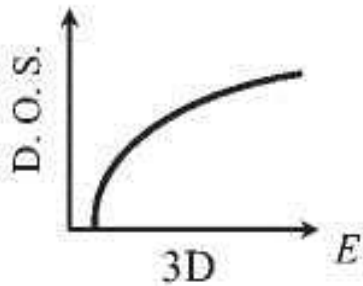
а) Квантова точка InAs, отримана на підкладці InP.

б) Квантові нитки, отримані реакцією метилфосфорної кислоти, етанолу та алюмінію.

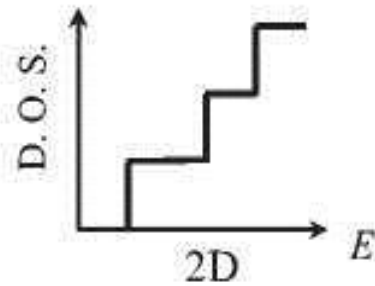
Наноструктури



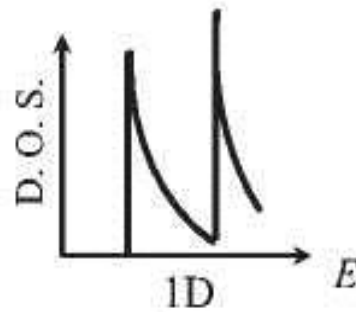
Залежність густини станів наноструктур від товщини і від енергії. Штриховою лінією показано густину станів масивного зразка.



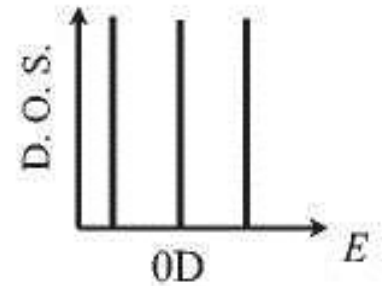
Bulk Semiconductor



Quantum Well



Quantum Wire



Quantum Dot

Нанодроти. Технологія

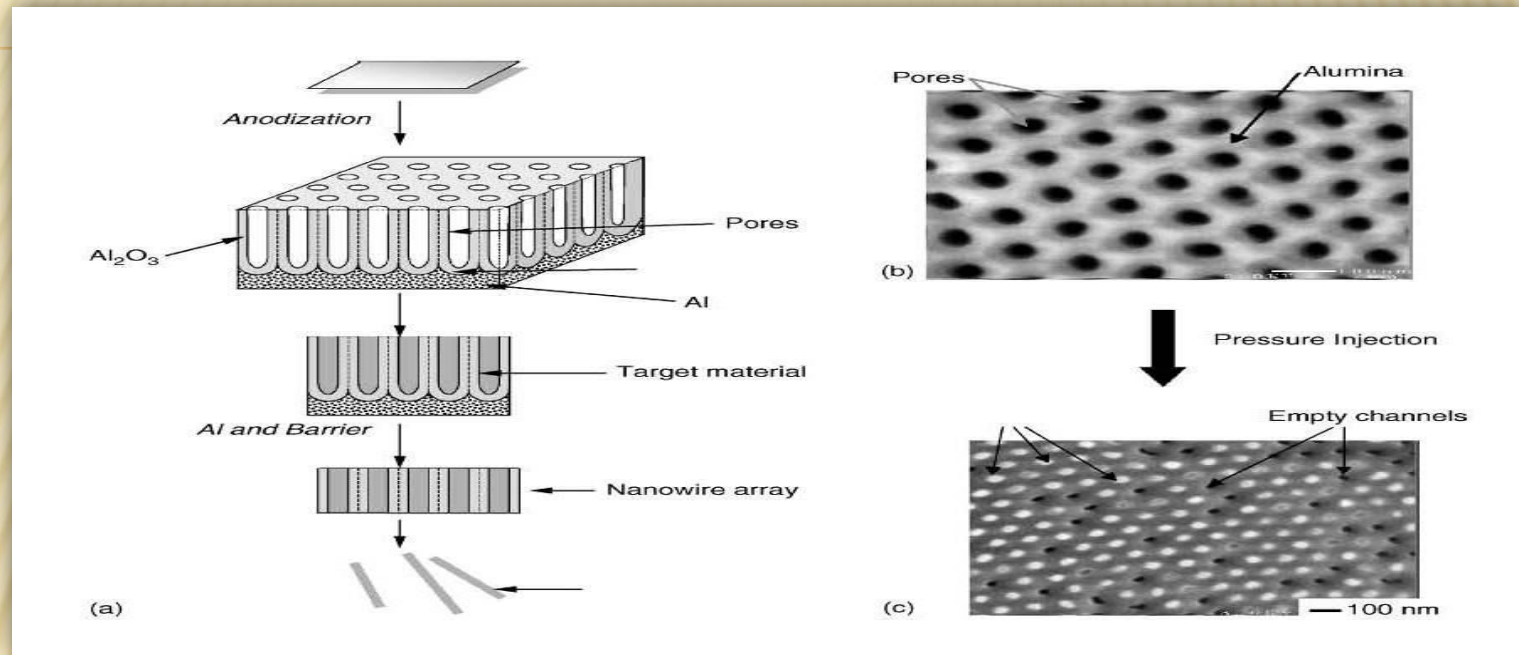
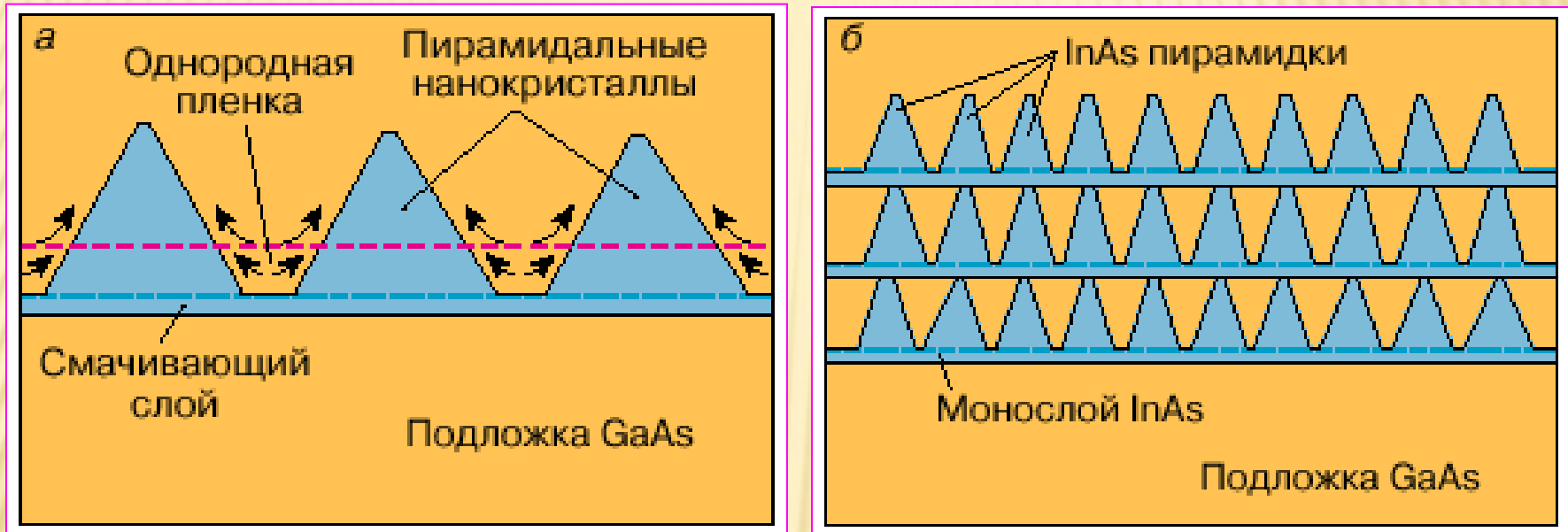


Схема підготовки анодних шаблонів окису алюмінію, заповнення шаблону (наприклад, шляхом упорскування під тиском) для створення масиву нанодротів, і потім видалення шаблону хімічними методами, для отримання вільних нанодротів. (б) ЕСМ зображення пористого анодного шаблону глинозему, вид зверху. (с) ЕСМ зображення нижньої поверхні алюмінієвого шаблону заповнені масивом нанодротів Ві після видалення бар'єрного шару; білі точки – канали заповнені Ві, темні точки – частково заповнені Ві канали, але не до того рівня, на якому зроблено фото.

M.S. Dresselhaus, J.P. Heremans Recent Developments in Low-Dimensional Material // Thermoelectric Handbook: Macro to Nano, ed by D.M. Rowe, CRC Pres, 2005.

Надгратки квантових точок. Модель

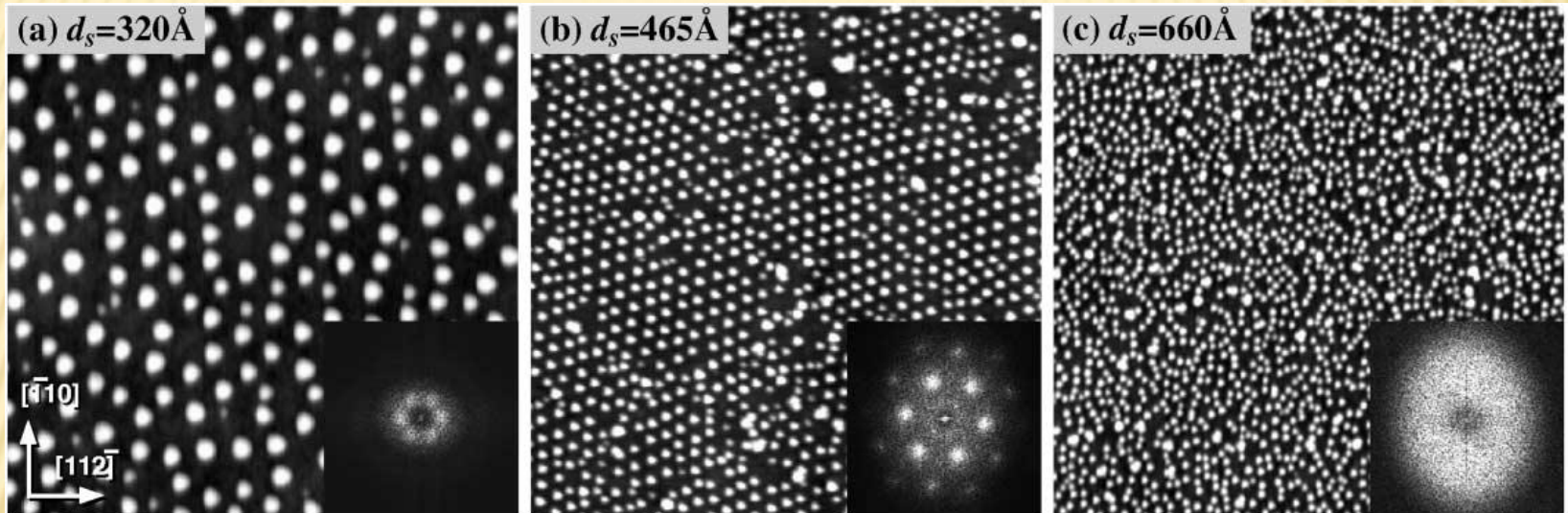
Процеси росту (Stranski-Krastanov mechanism)



а - утворення пірамідальних острівців InAs в результаті трансформації плоских шарів цього напівпровідника (пунктир), вирощуваних на підкладці GaAs із відмінними параметрами ґратки;

б – система зв'язаних вертикально квантових точок InAs на підкладці GaAs.

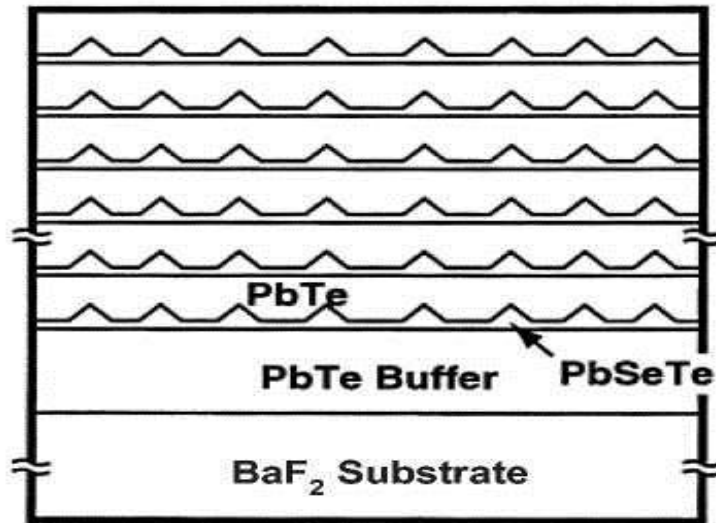
Надгратки квантових точок. Структура



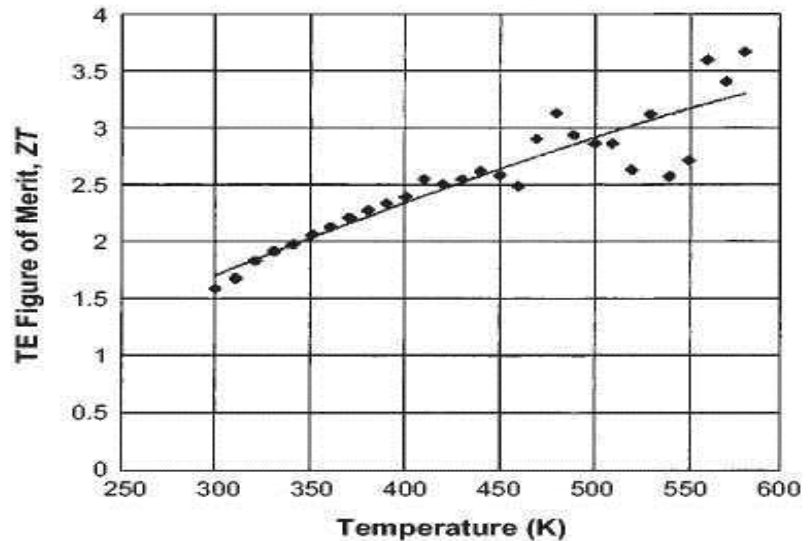
Зображення квантових точок PbSe на поверхні надгратки PbSe/Pb_{1-x}Eu_xTe з товщинами шару Pb_{1-x}Eu_xTe (a) 320 Å, (b) 465 Å, and (c) 660 Å отримані на атомно-силовому мікроскопі.

G. Springholz, M. Pinczolits, P. Mayer, V. Holy, G. Bauer, H. H. Kang, L. Salamanca-Riba
Tuning of Vertical and Lateral Correlations in Self-Organized PbSe/Pb_{1-x}Eu_xTe Quantum Dot Superlattices // Physical review letters, V 84, N 20, 2000, P. 4669-4672.

Надгратки квантових точок. Експеримент



(a)

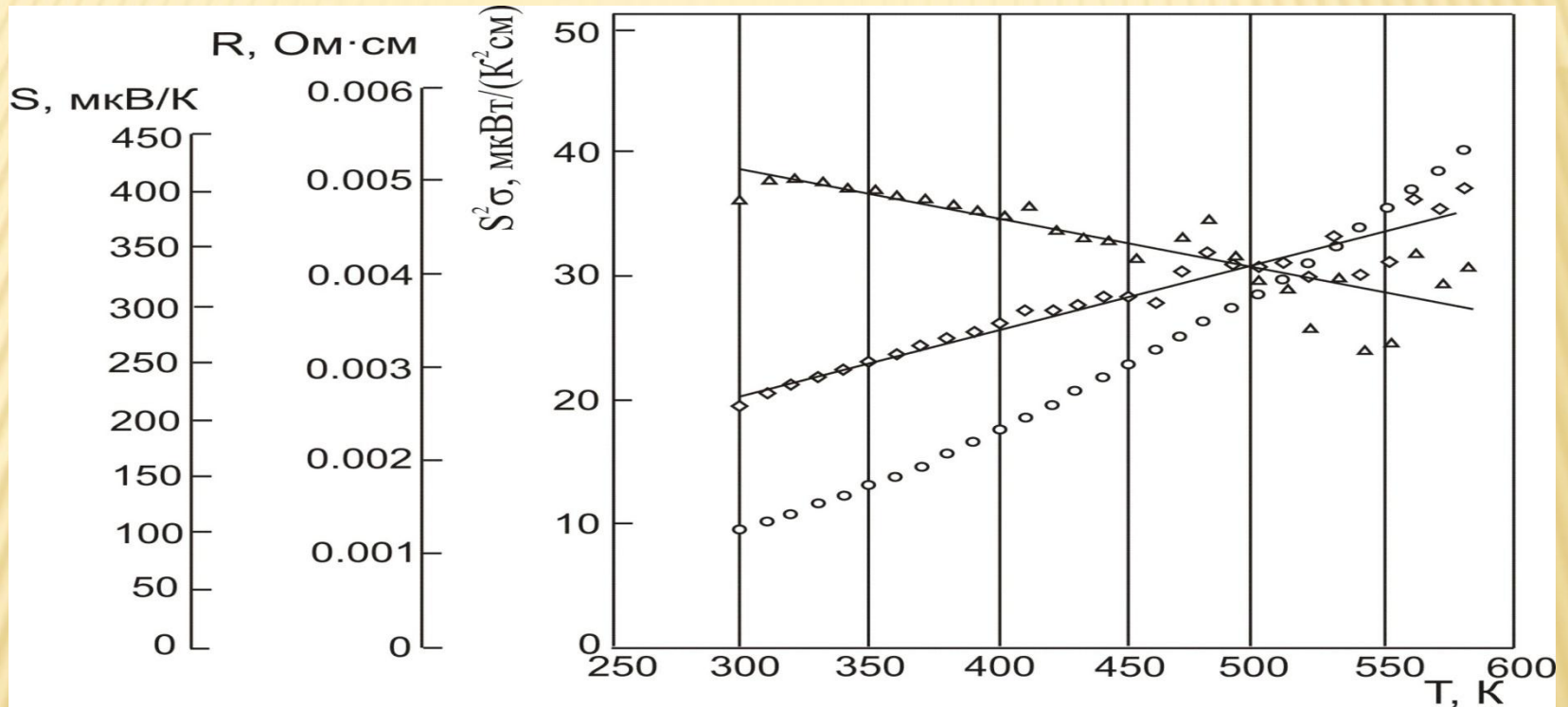


(b)

а) Схематичне зображення НРКТ і б) характеристична залежність добротності від температури для зразка НРКТ n-типу $\text{PbSe}_{0.98}\text{Te}_{0.02}/\text{PbTe}$. Авторське право 2005, товариство по тематиці мінералів, металів та матеріалів [1].

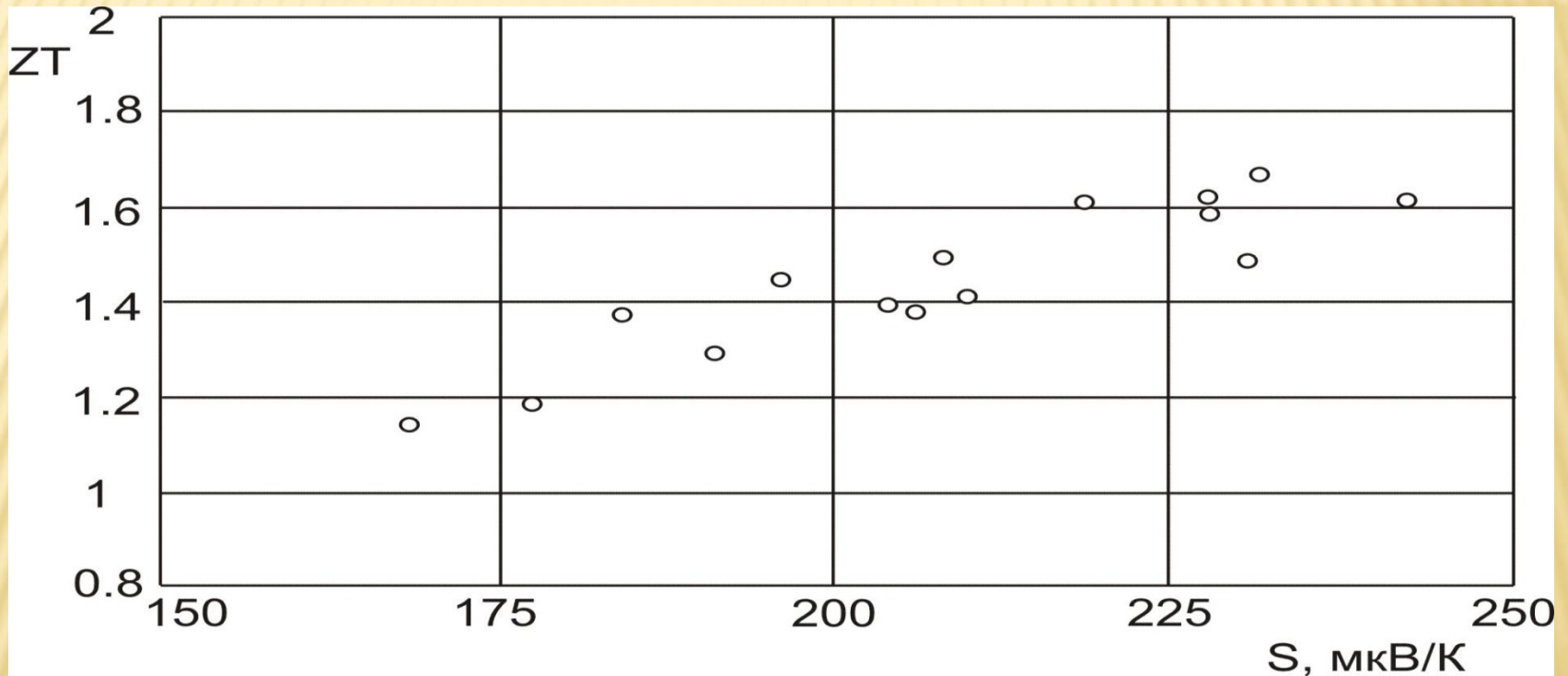
[1]. Harman T.C., Walsh M.P., LaForge B.E., Turner G.W. Nanostructured thermoelectric materials // J. of Electronic Mater. – 2005. – V.34. – №5 – L19L22.

Надгратки квантових точок. Експеримент



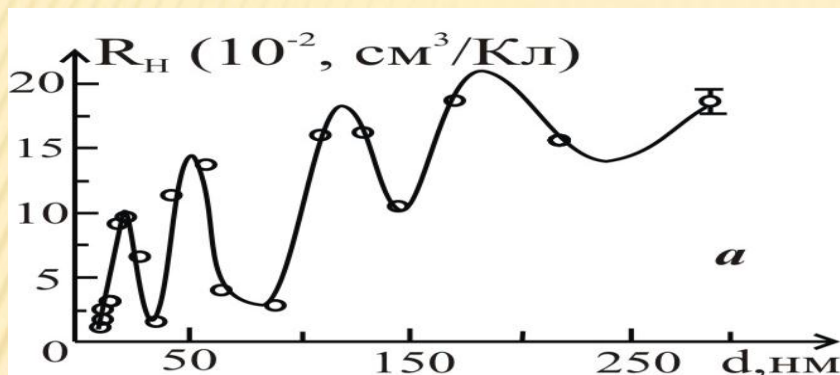
Залежність коефіцієнту Зеєбека (ромбики), електричного опору (кружечки) і коефіцієнту потужності (трикутники) від температури для різних зразків НГКТ $\text{PbSe}_{0.98}\text{Te}_{0.02}/\text{PbTe}$ n-типу при 300 К [1].

Надгратки квантових точок. Експеримент

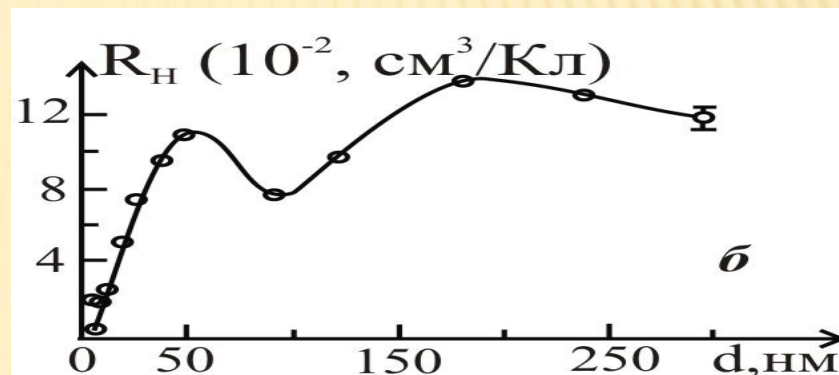


Залежність термоелектричної добротності від коефіцієнту Зеєбека для різних зразків НГКТ $\text{PbSe}_{0.98}\text{Te}_{0.02}/\text{PbTe}$ n-типу при 300 К [1].

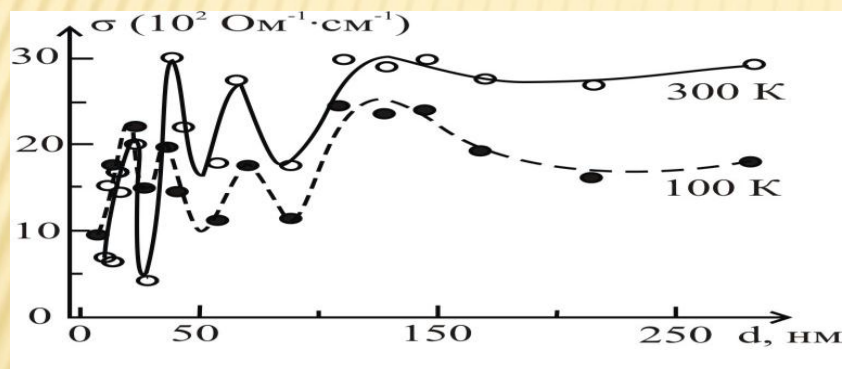
Прояви КРЕ



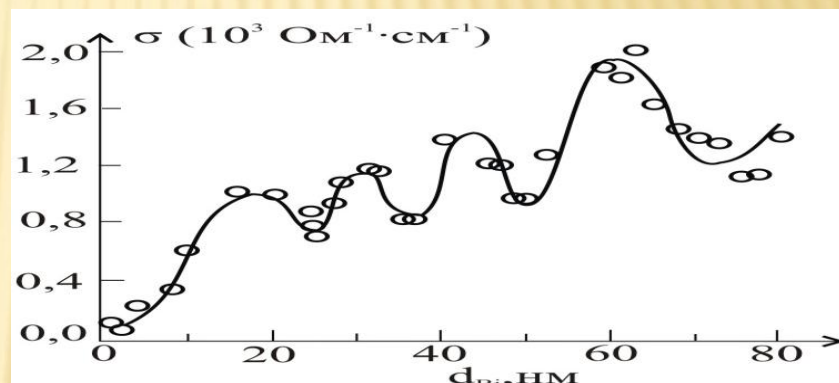
а



б



в



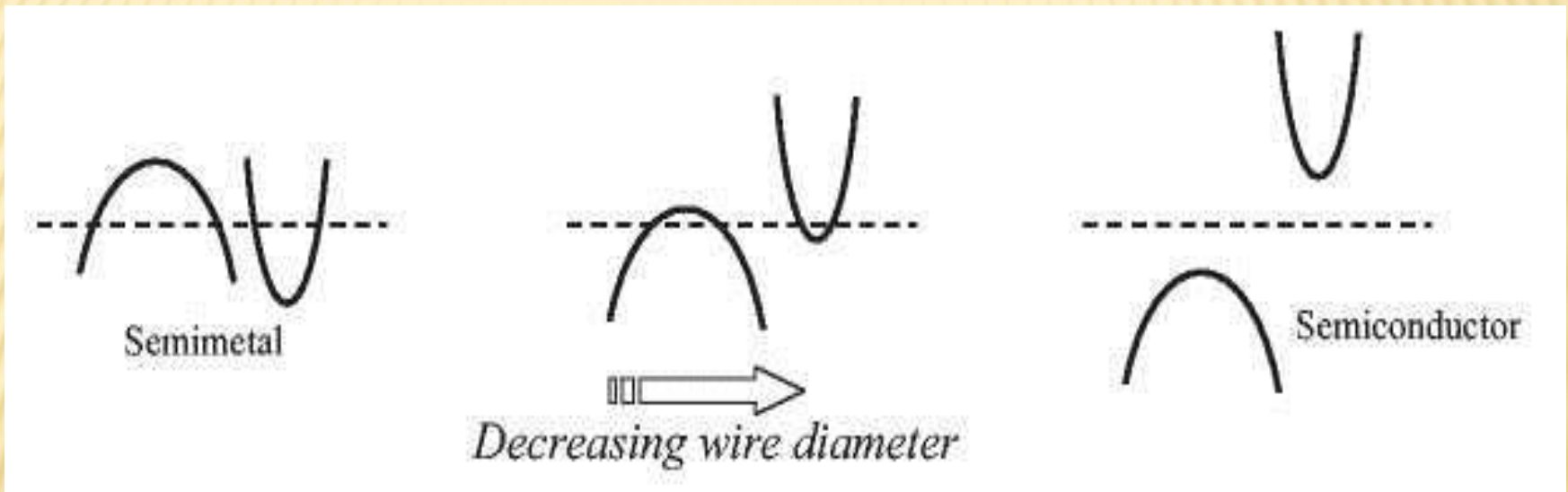
г

Залежність $R_H(d)$ для плівок Ві при $T = 300 \text{ K}$ (а) і при $T = 380 \text{ K}$ (б) та залежності $\sigma(d)$ при $T = 300 \text{ K}$ і при $T = 100 \text{ K}$ (в), а також $\sigma(d)$ для шару Ві в гетероструктурі слюда/PbTe/Vi/Al₂O₃.

Любченко С. Г. Явища переносу і квантові розмірні ефекти в тонких плівках телуриду свинцю та вісмуту та структурах на їх основі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. фіз.-мат. наук : спец. 01.04.10 "Фізика напівпровідників та діелектриків" / Г.С.Любченко. – Харків, 2007. – 20с.

Прояви КРЕ

Перехід напівметал-напівпровідник



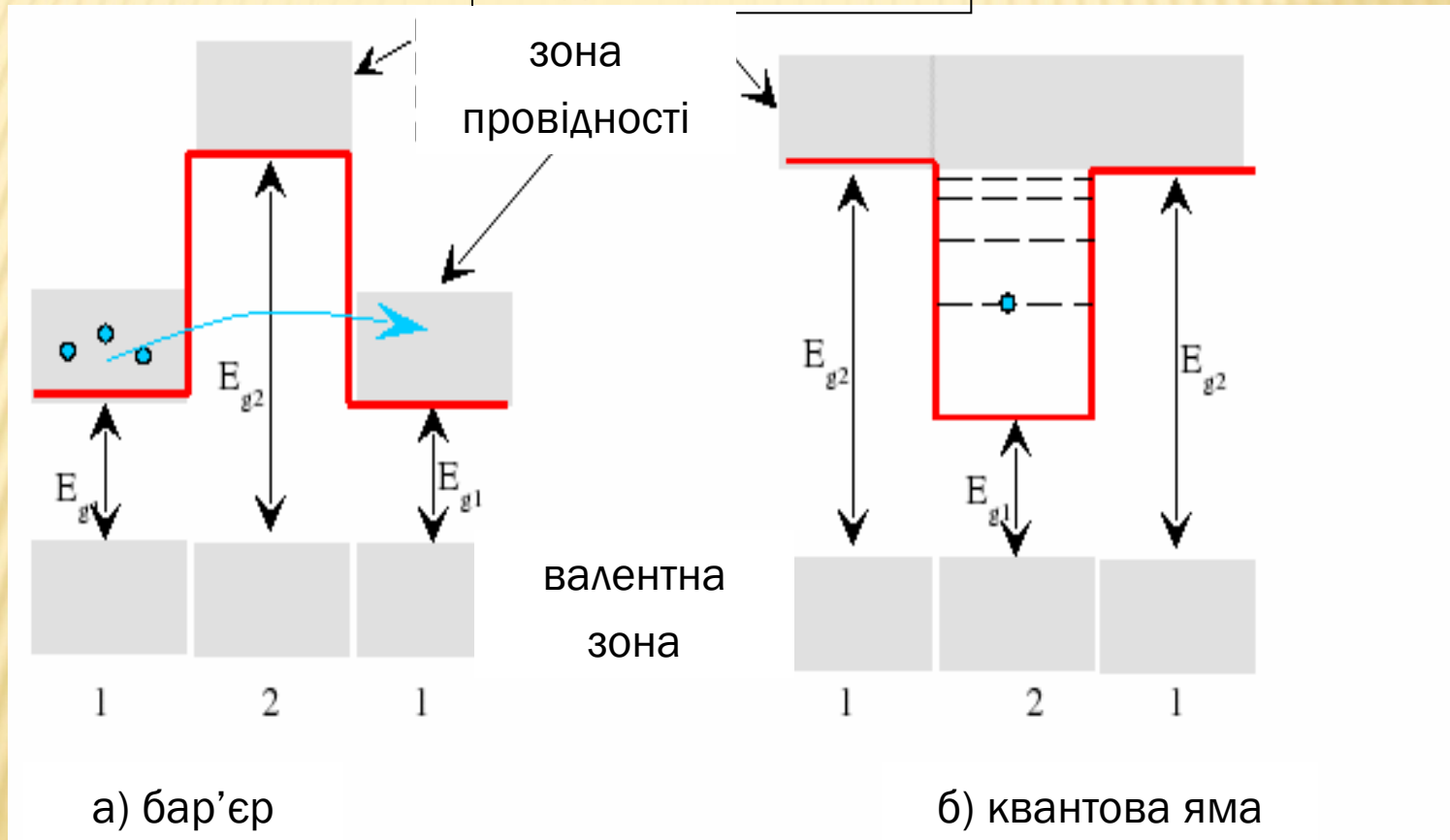
Принципова схема електронного переходу напівметал-напівпровідник нанотрубки Bi, коли найнижча підзона провідності біля L-точки зміщується вгору по шкалі енергій, і найвижча валентна підзона біля T-точки рухається вниз по енергії при зменшенні діаметру нанодоту d_w а) $d_w \gg 50\text{нм}$, б) $d_w \approx 50\text{нм}$, с) $d_w \ll 50\text{нм}$, величини відповідають чистому Bi.

1. Dresselhaus M.S., Chen G., Tang M.I., Yang R., Lee H., Wang D., Ren Z., Fleurial J-P., Gogna P. New Directions for Low-Dimensional Thermoelectric Materials // *Adv. Mater*, 19, pp. 1043-1053 (2007).

Прояви КРЕ

Наноструктури з квантовими ямами

Модель



Формування квантових бар'єрів (а) і квантових ям (б).

Дві стратегії

В області низькорозмірної термоелектрики з метою підвищення термоелектричної ефективності вводяться дві стратегії:

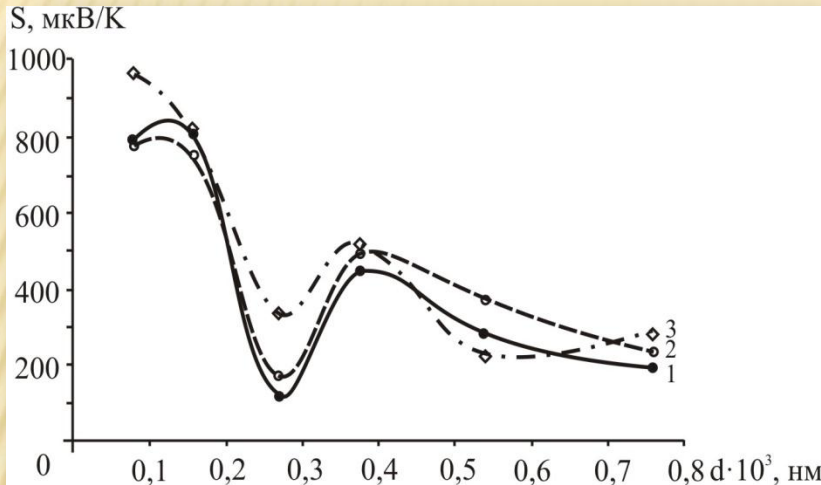
- 1) використання квантово-розмірних явищ для підвищення коефіцієнту Зеєбека S та для контролю S і електропровідності σ в деякій мірі незалежно;
- 2) введення численних границь, що розсіюють фонони більш ефективно ніж електрони, а також розсіюють переважно ті фонони, які мають найбільший вклад у теплопровідність.

Концепції

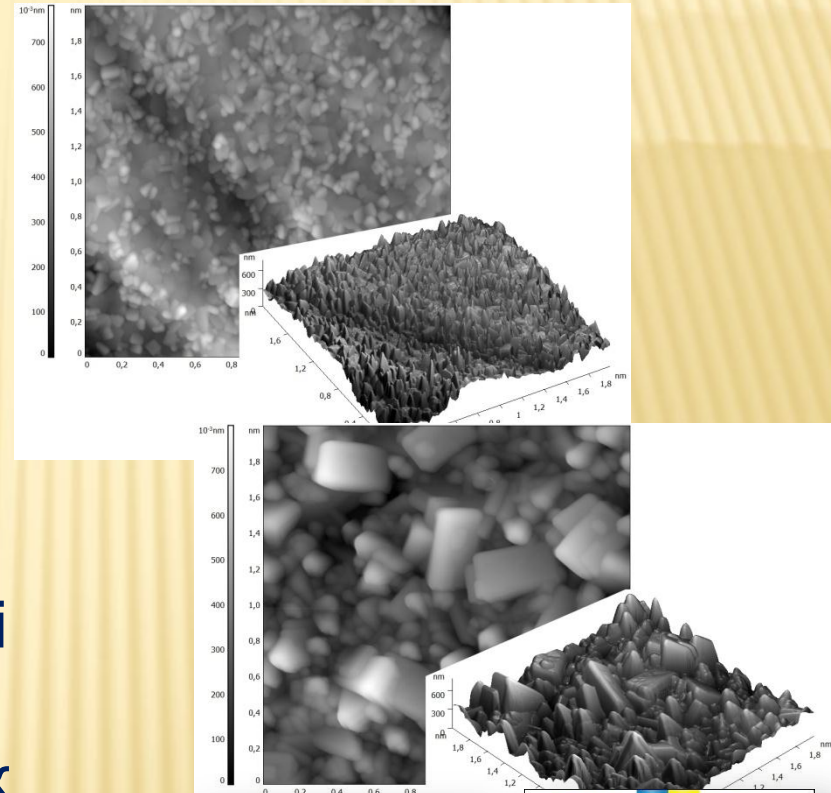
Можливість використання низькорозмірних матеріалів для термоелектричного підвищення продуктивності була наближена концепціями:

- фільтрація енергії на енергетичних бар'єрах;
- перехід напівметал-напівпровідник (НМНП-перехід).

Отриманні квантово-розмірного термоелектричного матеріалу



Вперше отримано наноструктурні тонкі плівки, зростання термоелектричних характеристик яких пов'язане не зменшенням їх розміру до нанометрового діапазону, а наявністю саме квантово-розмірних ефектів.



Термоелектрика навколо нас

Приклади практичного застосування термоелектрики:

Медицина:

охолоджувальні термостатичні кювети для клінічних експрес-досліджень;
охолоджувальні мобільні контейнери для зберігання біологічних тканин та рідин;
анестезійне та офтальмологічне обладнання;
прилади з температурним циклюванням (напр., для експрес-аналізів ДНК);
холодильники для транспортування крові та органів для трансплантації;
охолодження лабораторного посуду;



Медична холодильна шафа



термостабілізація мікроскопів;
охолодження діагностичних датчиків;
термостабілізація тканин та мікрокультур;
боксы для замороження людських органів;
кріопінцети;
локальне знеболення;
охолодження точок акупунктури;
локальне охолодження для підвищення працездатності людини.

Термоелектрика навколо нас

Приклади практичного застосування термоелектрики:
Холодильне обладнання:

безшумні та високоефективні міні-бари, холодильники для готелей;
автомобільні холодильники



Термоелектричний холодильник
із сейфом для готелей

Термоелектричний автохолодильник

Термоелектрика навколо нас

Приклади практичного застосування термоелектрики:

Промислове обладнання:

системи кондиціонування герметичних контейнерів;
системи сушки у герметичному обладнанні;
датчики точки роси;
кліматичне випробування обладнання для електронних приладів;
інтенсивне охолодження процесорів;



пристрої для швидкої полімеризації клею та плівок;
холодні лабораторні поверхні;
обладнання для визначення властивостей нафтопродуктів;
система охолодження телеметричних приладів у свердловинах;
газові аналізатори;
термокалібратори.

Термоелектрика навколо нас

Приклади практичного застосування термоелектрики:

домашнє господарство: вироблення електроенергії у місцях, де немає ліній електропередачі (дача, ліс, тощо).

Енергетична піч дає можливість отримувати електричну енергію і при цьому опалює приміщення та використовується для приготування їжі.

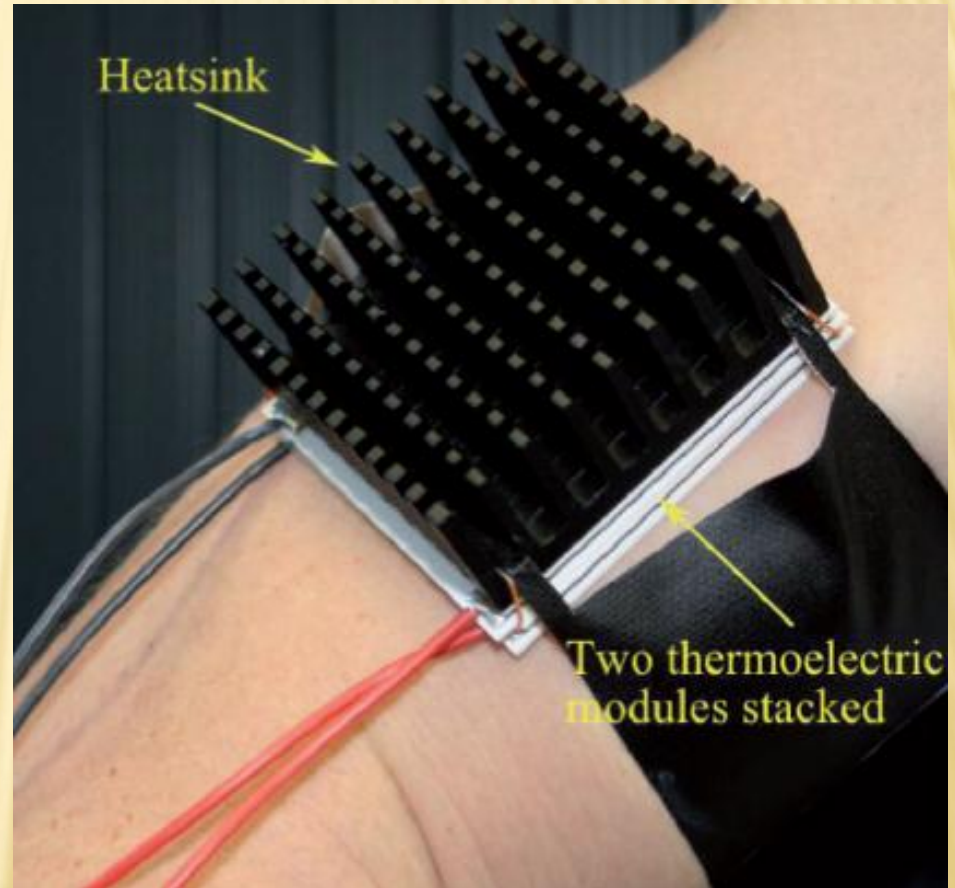
Не залежить від погоди, не потребує дорогого палива, не потребує сервісного обслуговування, екологічно безпечна, безшумна.

Час зарядки ноутбука – 3-5 годин



Термоелектрика навколо нас

Термоелектричний генератор, що працює на різниці температур людського тіла (37°C) і навколишнього середовища. При $T=22^{\circ}\text{C}$ потужність такого генератора склала $0,2$ мВт.



Термоелектрика навколо нас

Приклади практичного застосування термоелектрики:

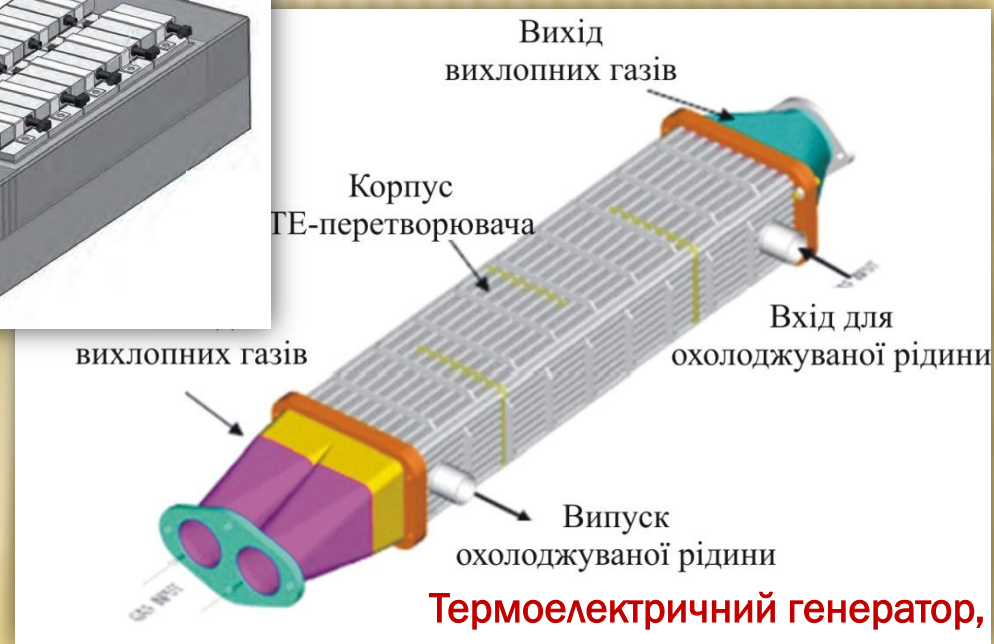
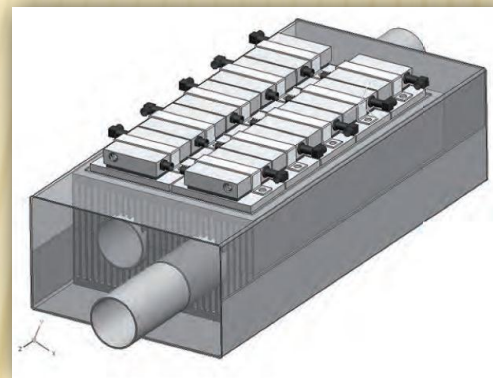
автомобільна промисловість:

вироблення електроенергії за рахунок нагрівання двигуна та тепла відпрацьованих газів для роботи електрообладнання, обігріву салону, зменшення викидів CO_2 ;

створення екологічно чистих та безпечних автомобільних кондиціонерів.



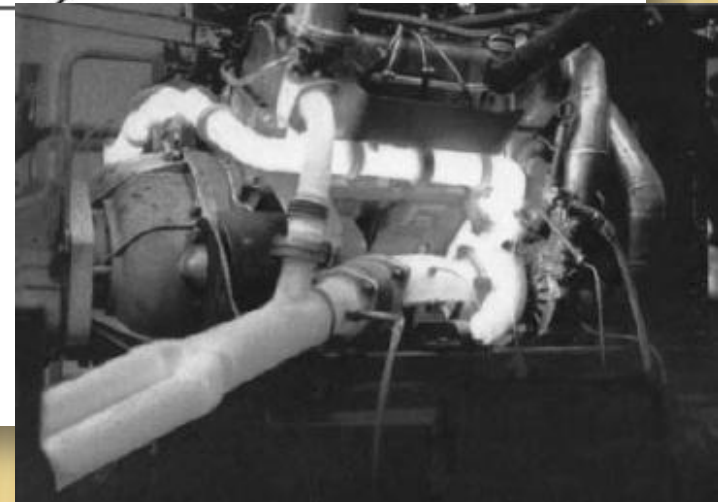
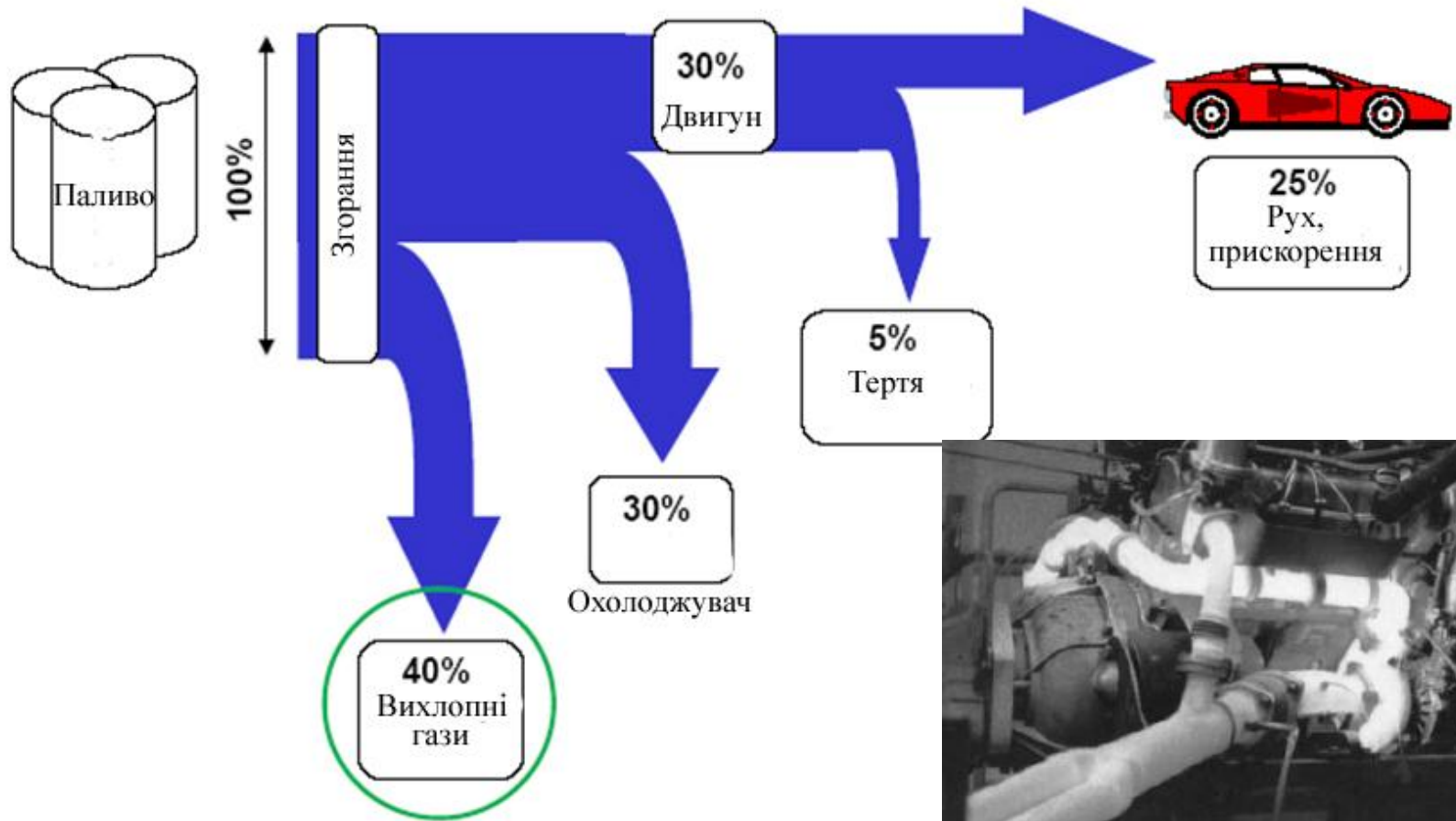
Монтування термоелектричного генератора на дизельний двигун.



Термоелектричний генератор, що працює за рахунок відпрацьованих газів. Даний генератор дозволив підвищити потужність VW Touran на 5%.

Термоелектрика навколо нас

Діаграма потоку енергії в автомобілі



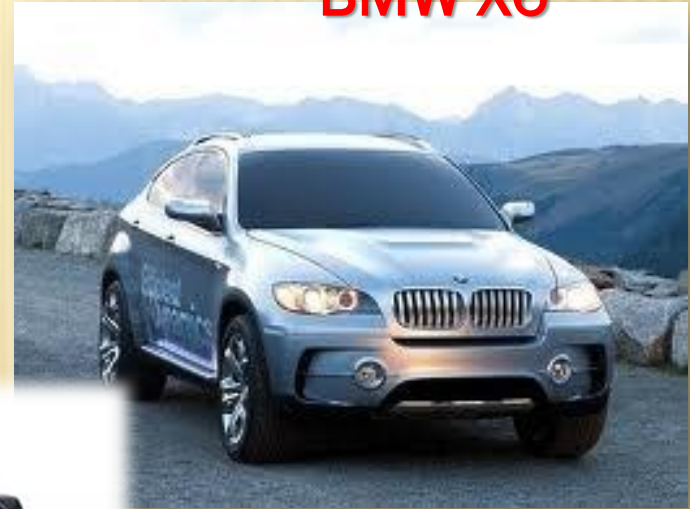
Автомобілі з термоелектричними генераторами



Chevrolet Suburban



BMW X6



Ford Fusion

Використання термоелектричних приладів зменшує до 10% витрати палива та, відповідно, викиди CO₂!

Не-термоелектричні кондиціонери містять охолоджуючу рідину, вплив якої на забруднення екології у 1300 разів вищий, ніж викиди CO₂!

Фізико-хімічний інститут



Заснований на базі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника у 1999 році.

Email: FCSS@pu.if.ua ; freik@pu.if.ua;

Веб-сторінка: www.pu.if.ua/inst/phys_che

Факс: +38 (03422) 31574, *тел.:* +38(0342) 596082

Основні наукові напрямки:

1. Технологія тонких плівок і наноструктур.
2. Технологія термоелектричних матеріалів.
3. Кристалохімія дефектної підсистеми і фізико-хімічні властивості кристалів і плівок.
4. Транспортні явища у кристалах.
5. Механізми розсіювання носіїв струму у тонких плівках і наноструктурах.

Матеріали:

1. Халькогеніди свинцю, олова, германію (PbS, PbSe, PbTe, SnTe, GeTe).
2. Халькогеніди цинку і кадмію (ZnS, ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe).

Фізико-хімічний інститут



Лабораторія технології тонких плівок

Фізико-хімічний інститут



Лабораторії електронної мікроскопії

Фізико-хімічний інститут



Лабораторії рентгеноструктурного аналізу

Фізико-хімічний інститут

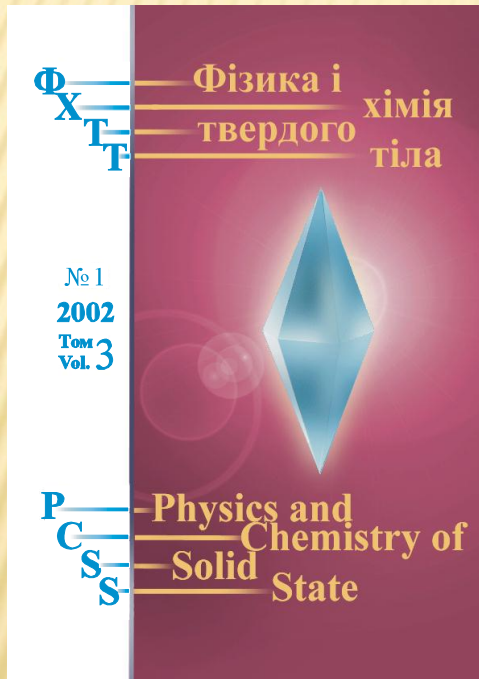


Лабораторія кінетичних явищ



Науковий журнал "Фізика і хімія твердого тіла" (ФХТТ)

Scientific Journal "Physics and Chemistry of Solid State" (PCSS)



В журналі "Фізика і хімія твердого тіла" друкуються статті, які містять відомості про наукові дослідження та технічні розробки у напрямках:

кристалохімія і термодинаміка твердого тіла;

фізика, хімія і технологія кристалів та тонких плівок;

фізика і хімія поверхні;

наноструктури і нанотехнології;

фазові діаграми рівноваги;

гетерогенні системи та міжфазні взаємодії;

композитні та конструкційні матеріали;

інформаційні та електронні технології;

фізика і техніка НВЧ

Науковий журнал "Фізика і хімія твердого тіла" затверджено ВАК України, як фаховий з напрямків фізико-математичні, хімічні та технічні науки.



Міжнародні конференції з фізики і технології тонких плівок і наносистем (МКФТТПН)

International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN)

МКФТТПН



ICPTTFN

Тематика

1. Технологія тонких плівок (метали, напівпровідники, діелектрики, провідні полімери) і методи їх дослідження.
2. Нанотехнології, наноматеріали і квантово-розмірні структури.
3. Фізико-хімічні властивості плівок та наноструктур.
4. Тонкоплівкові елементи електронних пристроїв, наноелектроніка



Міжнародні конференції з фізики і технології тонких плівок і наносистем (МКФТТПН)

International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN)



The opening of XI International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems ICPTTFN-XI May, 7-12, 2007 (Huta, Ivano-Frankivsk region, Ukraine): in presidium from left – Prof. Freik D.M., Prof. Myronyuk I.F., academicians NAS of Ukraine Litovchenko V.G., and Stasyuk I.V., academicians NAS of Belarusj Tochytsky E.I.



Міжнародні конференції з фізики і технології тонких плівок і наносистем (МКФТТПН)

International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN)



The participants of XI International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems ICPTTFN-XI
May, 7-12, 2007, Huta Village.



Міжнародні конференції з фізики і технології тонких плівок і наносистем (МКФТТПН)

International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN)



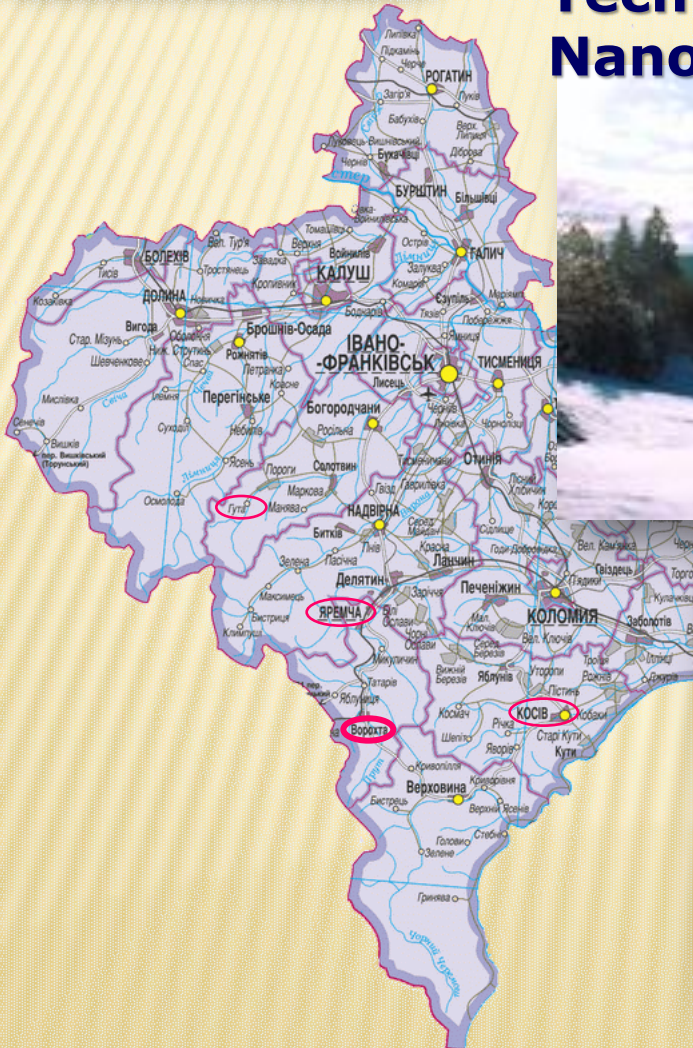
The participants of XI International
Conference on Physics and
Technology of Thin Films and
Nanosystems ICPTTFN-XII

May, 18-23, 2009, Huta Village.



Міжнародні конференції з фізики і технології тонких плівок і наносистем (МКФТТПН)

International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN)

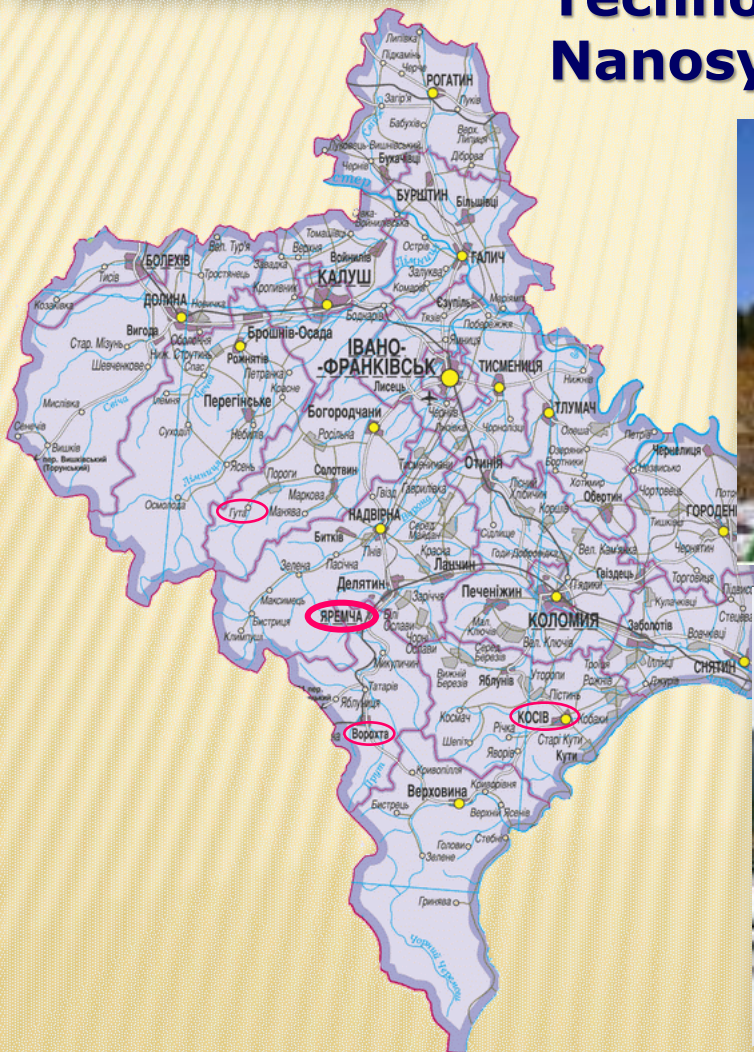


смт. Верховина,



Міжнародні конференції з фізики і технології тонких плівок і наносистем (МКФТТПН)

International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN)



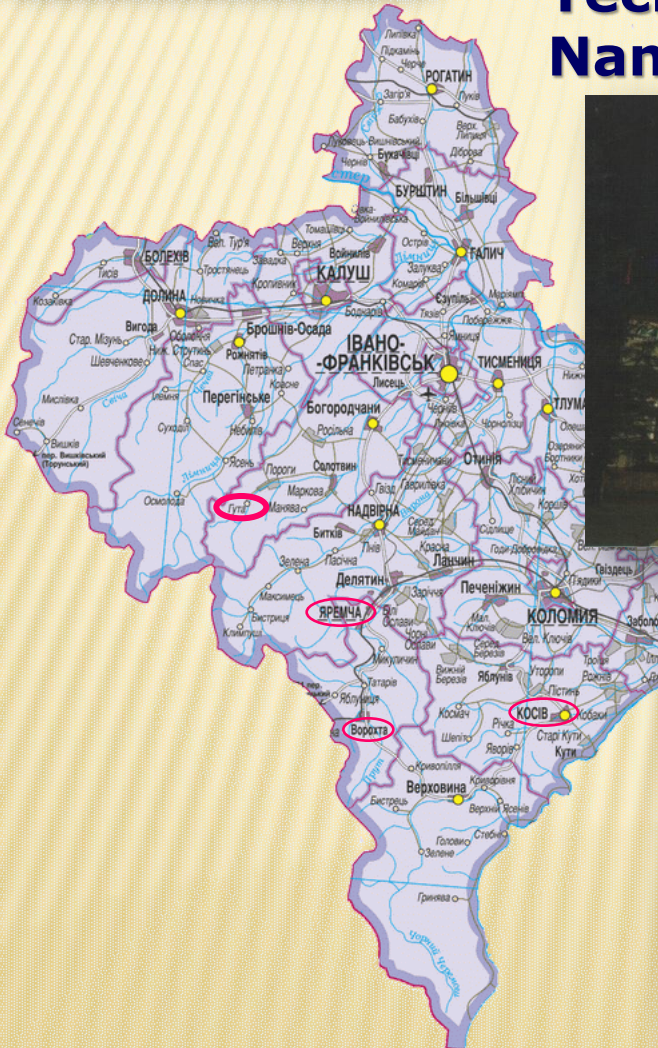
Санаторій-
профілакторій
“ЯРЕМЧЕ”

м. Яремче,
вул. Свободи 330,
Івано-Франківська обл.,
78500, тел.(803434)
31224, 31354



Міжнародні конференції з фізики і технології тонких плівок і наносистем (МКФТТПН)

International Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (ICPTTFN)



“РЕЗИДЕНЦІЯ СИНЬОГОРА”

село Гута,
вул. Зарічна, 4
Богородчанський р-он,
Івано-Франківська обл.
77745, Україна,
тел. (0342) 55 81 36

Термоелектрика: проблеми та перспективи



Розроблено бізнес-план повного циклу серійного виробництва та продажу конкурентоздатних термоелектричних перетворювачів енергії.

Обсяги виробництва базуються на вивчених потребах ринку і складені з розрахунку виготовлення 20 модулів на тиждень (1кг термоелектричного матеріалу).

Термін проекту - 5 років.

Необхідні кошти (займ) – 470 тис. доларів США.

Термін окупності проекту – 30 місяців.

Рентабельність проекту – 44 %.



Термоелектрика: проблеми та перспективи

1. Створення нових матеріалів із низькою теплопровідністю та високою термоелектричною добротністю ZT .
2. Розробка теорії та технологій просторово-неоднорідних матеріалів: композитів та квантово-розмірних структур на основі надграток, квантових ям, квантових дротин, квантових точок.
3. Популяризація термоелектрики, як перспективного виду альтернативної енергетики.



*This project
is supported by:*

The NATO Science for Peace
and Security Programme

Дякую за увагу

