

NEW!



КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ГРАДІЄНТНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ПРИСТРОЇВ НА ЇХ ОСНОВІ



- **FGM** - шлях до підвищення ефективності термоелектричного перетворення енергії.
- **FGM** - перспектива досягнення успіху при створенні новітніх термоелектричних виробів.
- **FGM** створюються шляхом неоднорідного розподілу домішок вздовж віток і застосуванням неоднорідних магнітних полів.
- Проектування **FGM** - складна фізична і математична задача. Інститут термоелектрики створив методи проектування FGM.
- Пропонуємо комп'ютерні програми проектування FGM. Програми створено на основі математичної теорії оптимального керування. В програмах використано останні досягнення за спектрами носіїв струму, фононів та впливу домішок на властивості термоелектричних матеріалів. З програм визначають оптимальний розподіл домішок та розподіл напруженості магнітного поля вздовж віток.
- Програми є базою для створення технологій термоелектричних FGM.

1. Комп'ютерна програма проектування FGM на основі *Bi-Te* для термоелектричного охолодження в режимі максимального перепаду температур.

Робочі інтервали температур $-150 \div +250^{\circ}\text{C}$, довжина віток в інтервалі 0.5 - 5 мм. Результатом проектування є оптимальна неоднорідність легуючих домішок і процентного вмісту елементів в складах *BiTe-BiSe*, *BiTe-SbTe* вздовж віток. Застосування комп'ютерного проектування при створенні FGM призводить до зростання ΔT_{max} при 300 K від 70 до 90 K і рівнозначно $Z=4,5 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$.

2. Комп'ютерна програма проектування FGM на основі *Bi-Te* для термоелектричного охолодження в режимі максимального холодильного коефіцієнта.

Робочі інтервали температур $-150 \div +250^{\circ}\text{C}$ довжина віток в інтервалі 0.5 - 5 мм. Результатом проектування є оптимальна неоднорідність легуючих домішок і процентного вмісту елементів в складах *BiTe-BiSe*, *BiTe-SbTe* вздовж віток. Застосування комп'ютерного проектування при створенні FGM призводить до зростання холодильного коефіцієнта при ΔT_{max} більше 70 K в 1.5 - 2 рази і більше при охолодженні від 300K, що рівнозначно $Z = 4,5 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$.

3. Комп'ютерна програма проектування FGM на основі *Bi-Sb* для термоелектричного охолодження.

Робочі інтервали температур $-200 \div -100^{\circ}\text{C}$, довжина віток в інтервалі 0.5 - 5 мм. Результатом проектування є оптимальна неоднорідність легуючих домішок і процентного вмісту елементів в складі *Bi-Sb* вздовж віток, а також оптимальна неоднорідність, спричинена неоднорідним магнітним полем перпендикулярно віткам в межах 0 - 5000 ерстед. Програма містить два режими охолодження - режим максимального перепаду температур і режим максимальної економічності за величиною холодильного коефіцієнта. Застосування комп'ютерного проектування при створенні низькотемпературних FGM

призводить до росту холодильного коефіцієнта на 20 - 40 %, що рівнозначно зменшенню електричної потужності, що споживається багатокаскадним холодильником в 2 - 3 рази.

4. Комп'ютерна програма проектування каскадних термоелектричних модулів охолодження з FGM.

Програма дає можливість проводити проектування каскадних модулів з довільним числом каскадів для інтервалів температур $-200 \div +250^{\circ}\text{C}$ при величинах охолодження 0 - 450K. Розміри віток в інтервалі 0.2 - 5 мм. Програмою враховуються комутаційні та контактні, електричні та теплові витрати, а також всі види теплообміну з навколишнім середовищем. Програма допускає проектування холодильників як з однорідних матеріалів, так і з FGM. Програмою досягається: визначення оптимального числа каскадів для заданого інтервалу температур; визначення оптимального міжкаскадного узгодження за величинами електричних та теплових потужностей; визначення оптимальних струмів і напруг та, відповідно, для них оптимальних геометричних розмірів віток і їх числа в каскадах; визначення оптимальних складів легуючих домішок і процентного вмісту елементів для багатокомпонентних сплавів *BiTe-BiSe*, *BiTe-SbTe* і *Bi-Sb* в кожному каскаді; визначення функцій неоднорідності для FGM в кожному каскаді; визначення оптимального числа каскадів в комбінованих батареях з термоелектричних каскадів і каскадів з магнітним полем; визначення функцій неоднорідності магнітного поля в низькотемпературних каскадах з сплавів *Bi-Sb*; визначення оптимальних FGM на основі комбінованої дії магнітного поля і оптимального легування. Застосування програм дозволяє в 1.5 - 5 раз покращити ефективність багатокаскадних модулів охолодження, особливо для випадку охолодження нижче -100°C .

5. Комп'ютерна програма проектування FGM на основі *Bi-Te* для термоелектричних генераторів.

Програмою передбачено проектування для робочих інтервалів температур 20 - 350°C при довжинах віток 0.5 - 5 мм. Програмою визначається оптимальна функція концентрації легуючої домішки і оптимальні зміни вмісту сплавів *BiTe-BiSe*, *BiTe-SbTe* для довільних інтервалів робочих температур з метою досягнення максимального ККД або максимальної потужності. Застосування комп'ютерного проектування при створенні FGM дозволяє збільшити ККД на 15 - 25 %.

6. Комп'ютерна програма проектування FGM на основі *Pb-Te*, *Ge-Te* для термоелектричних генераторів.

Програмою передбачено проектування для робочих інтервалів температур 200 - 750°C при довжинах віток 0.5 - 5 мм. Програмою визначається оптимальна функція концентрації легуючої домішки і оптимальні зміни вмісту сплавів *PbTe-GeTe* для довільних інтервалів робочих температур з метою досягнення максимального ККД або максимальної потужності. Використання комп'ютерного проектування при створенні FGM дає можливість покращити ККД на 15 - 20 %.

7. Комп'ютерна програма проектування FGM на основі *Ge-Si* для термоелектричних генераторів.

Програмою передбачено проектування для робочих інтервалів температур 400 - 1300°C при довжинах віток 0.5 - 10 мм. Програмою визначається оптимальна функція концентрації легуючої домішки і оптимальні зміни вмісту сплавів *Ge-Si* для довільних інтервалів робочих температур з метою досягнення максимального ККД або максимальної потужності. Використання комп'ютерного проектування при створенні FGM дозволяє покращити ККД на 10 - 20 %.

8. Комп'ютерна програма проектування каскадних термоелектричних батарей з FGM.

Програмою передбачено проектування багатокаскадних модулів з довільним числом каскадів із сплавів *BiTe-BiSe*, *BiTe-SbTe*, *PbTe*, *GeTe*, *GeSi* в інтервалах температур 20 - 1300°C при довжинах віток 0.5 – 10 мм. В програмі враховуються комутаційні електричні та теплові втрати, а також міжкаскадні теплові втрати. Програмою визначаються: оптимальне число каскадів для заданих робочих температур і матеріали для кожного каскаду; оптимальні робочі інтервали температур для кожного каскаду; оптимальні функції концентрації легуючих домішок та оптимальні зміни складу речовин вздовж віток; оптимальні відношення міжкаскадних електричних і теплових потужностей; оптимальне число віток в кожному каскаді, їх оптимальна довжина і переріз; оптимальні значення ККД і потужності. Застосування комп'ютерного проектування при створенні каскадних генераторів з FGM дають можливість досягнути рекордно високих значень ККД.

9. Технологія виробництва FGM з *Bi-Te* методом пресування.

Технологічні режими пресування: тиски, температури, режими відпалу, розміри порошків, розміри шарів. Конструктивні особливості обладнання для пресування. Технологія і обладнання дають можливість вивчити FGM оптимальної неоднорідності при малих затратах і створити дешеві промислові технології виготовлення віток термобатарей.

10. Технологія виробництва FGM з *Bi-Te* методом екструзії.

Технологічні режими екструзії: тиски, температури, режими відпалу, розміри порошків, послідовність технологічних операцій, розміри шарів різного складу. Конструктивні особливості обладнання для екструзії. Технологія і обладнання дають можливість вивчити FGM оптимальної неоднорідності та створити особливо міцні вітки термобатарей з підвищеними значеннями добротності.

11. Технологія виробництва FGM з *Bi-Te* методом зонної плавки.

Технологічні режими зонної плавки: геометричні розміри контейнера і розплавленої зони, робочі температури, функції швидкості росту та неоднорідності, склади вихідних матеріалів. Конструктивні особливості обладнання для зонної плавки FGM. Технологія та обладнання дають можливість вивчити FGM оптимальної неоднорідності з високими значеннями добротності $Z = 3.5 - 2.5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ у вигляді стержнів діаметром до 40 мм при довжині до 500 мм.

12. Технологія виробництва FGM з *Bi-Te* методом Чохральського.

Технологічні режими вирощування: геометричні розміри контейнера і розміри стержнів, що витягуються, робочі температурні режими, функції швидкості переміщення легуючих стержнів, склади вихідних матеріалів. Конструктивні особливості обладнання отримання FGM витягуванням з розплаву методом Чохральського. Технологія і обладнання дають можливість вивчити FGM оптимальної неоднорідності у вигляді досконалих монокристалів діаметром до 60 мм з високими значеннями добротності $Z = 3.5 - 2.5 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ і використати для виготовлення мікромініатюрних термобатарей.

13. Технологія виробництва FGM з *Pb-Te* методом пресування.

Технологічні режими пресування: тиски, температури, режими відпалу, розміри порошків, розміри шарів. Конструктивні особливості обладнання для пресування. Технологія і обладнання дають можливість отримати FGM оптимальної неоднорідності при малих витратах і створити дешеві промислові технології виготовлення віток термобатарей.

14. Технологія виробництва FGM з *Ge-Si* методом пресування.

Технологічні режими пресування: тиски, температури, режими відпалу, розміри порошків, розміри шарів. Конструктивні особливості обладнання для пресування. Технологія і обладнання дають можливість отримати FGM оптимальної неоднорідності при малих витратах і створити дешеві промислові технології виготовлення віток термобатарей.

15. Монографія про оптимальне керування властивостями термоелектричних матеріалів для створення FGM: Л.І. Анатичук, В.А. Семенюк "Оптимальне керування властивостями термоелектричних матеріалів і приладів", 200 стор. В монографії приводиться теорія термоелектричних явищ в неоднорідних матеріалах, математичний метод Понтрягіна, оптимальне керування для знаходження оптимальних функцій неоднорідності. Класифікація усіх видів задач оптимального керування неоднорідностями термоелектричного матеріалу для досягнення максимального ККД, максимального охолодження, максимального холодильного коефіцієнта, максимальної швидкодії. Математичні методи побудови програм для проектування оптимальних неоднорідних структур FGM. Приклади комп'ютерного проектування FGM. Читачі монографії можуть отримати наукові основи теорії неоднорідних термоелектричних матеріалів і комп'ютерного проектування FGM.

З приводу розміщення замовлень на проведення проектування FGM, придбання комп'ютерних програм і технологій, розробки та поставки необхідних Вам термоелектричних матеріалів і термоелектричних батарей для охолодження та генераторів звертайтеся за **адресою:** головпоштамт, а/с 86, Чернівці 58002, Україна; **e-mail:** ite@inst.cv.ua; **факсом:** (380-3722)-41917; **телефоном:** (380-3722)-41917; <http://ite.cv.ukrtel.net>.