

УДК 621.791.4

І.В. Завальна, аспірант кафедри ТЗтаБ

О.О. Новомлинець, к.т.н., доцент кафедри ТЗтаБ

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ТЕРМОЕЛЕМЕНТІВ

Чернігівський національний технологічний університет, irina-zavalnaya@rambler.ru, oon1@ukr.net
Приводиться короткий літературний огляд особливостей отримання нероз'ємних з'єднань при виготовленні термоелементів. Проаналізовано тенденції розвитку та області використання термоелементів. Розглядаються способи комутації віток термоелементів, їх переваги та недоліки. Наведені основні вимоги до матеріалів віток термоелементів. Проаналізовані вимоги щодо отримання якісних нероз'ємних з'єднань.

В умовах стрімкого зростання світового споживання енергії, що призводить до скорочення запасів природного палива, неминуче виникає проблема пошуку альтернативних джерел енергії. Одним із перспективних варіантів є термоелектричні перетворювачі, які працюють на основі взаємоперетворення теплової і електричної енергії [1].

Термоелектрика – це прогресуючий, пріоритетний науково-технічний напрямок, в основі якого лежать дослідження явищ термоелектричного перетворення енергії та їх використання для створення джерел електричної енергії, приладів охолодження та вимірювальної техніки [2].

Термоелемент - електричний ланцюг, складений з двох або декількох провідників (напівпровідників), що чергуються. Якщо місця з'єднань провідників підтримувати при різних температурах, то на кінцях ланцюга виникає електрорушійна сила (Е.Р.С.), а при замиканні ланцюга в ній протікає електричний струм і навпаки - при пропусканні по ланцюгу електричного струму одні її контакти нагріватимуться, а інші – охолоджуватися [3].

Термоелементи переважно застосовують для [2]:

- використання відпрацьованого тепла двигунів(автомобільних, корабельних та ін.);
- автономні джерела електроенергії для забезпечення роботи котелень, установок з переробки відходів та ін.;
- джерела живлення для катодного захисту нафто- і газопроводів;
- перетворення тепла природних джерел(наприклад, геотермальних вод) в електричну енергію;
- забезпечення живлення різних пристроїв телеметрії та автоматики на об'єктах, віддалених від ліній електропередачі;
- вимірювання теплових потоків (теплоти);
- забезпечення автономним живленням малопотужних електронних пристроїв(бездротові датчики) за рахунок накопичуваної енергії, яка збирається за наявності мінімальних перепадів температур (менше 10°C);
- отримання електричної енергії на сонячних концентраторах за рахунок різниці температур гарячого і охолодженого теплоносія в контурі.

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що на сучасному етапі розвитку промисловості значний інтерес визивають термоелементи на основі напівпровідникових матеріалів, які мають низьку теплопровідність і високу рухливість носіїв заряду (Bi_2Te_3) [1].

Комутація - складний технологічний процес, оскільки необхідно отримати нероз'ємні, сумісні за фізико-хімічними властивостями контактні з'єднання між гілками p- і n- типів провідності при мінімумі втрат на електро- і теплопереходах, при високій стабільності, достатній механічній міцності і стійкості до теплоперемінам.

Існуючі на сьогодні способи отримання нероз'ємних з'єднань напівпровідникового матеріалу з комутуючою пластиною при виготовленні термоелементів (паяння, спільне пресування, напилення, гальванічне та хімічне нанесення комутаційних матеріалів) мають недоліки і не можуть в повній мірі задовольнити вимоги до якості нероз'ємних з'єднань напівпровідникового матеріалу з комутуючою пластиною [4].

Для отримання якісних нероз'ємних з'єднань при виготовленні термоелементів висувають ряд вимог [5]:

- реальний розмір термоелемента повинен бути: шар провідника складає 10-1000мкм; бар'єрний шар 1-100 мкм; шар припою 10-100мкм; розмір напівпровідників, які використовуються у вітках термоелемента знаходиться в діапазоні від 50×50×50 до 500×500×500мкм [6];

- найпривабливішим для комутації віток є використання металів з високою тепло- і електропровідністю, наприклад, міді, срібла;

- використання мідної комутації вимагає нанесення на вітки модуля товстих антидифузійних шарів, наприклад, для зменшення дифузії міді в термоелектричний матеріал товщина антидифузійного шару Ni не повинна бути меншою, ніж 150-200 мкм, що призводить до збільшення внутрішніх напружень, які послаблюють адгезію Ni до термоелектричного матеріалу (дифузія міді у термоелектричний матеріал з тонкими антидифузійними шарами Ni, як і суттєве послаблення адгезії Ni до термоелектричного матеріалу з товстими антидифузійними шарами, є головними чинниками зменшення ресурсу роботи модулів з мідно-нікелевою комутацією;

- температура процесу не повинна перевищувати 252-262°C, при максимальному значенні робочої температури гарячого спаю модуля до 120°C, та 316-331°C, при максимальному значенні робочої температури гарячого спаю модуля до 290°C [7];

- пластична деформація матеріалів, що зварюється не повинна перевищувати 0,5-1%.

У зв'язку з вищесказаним, можна зробити висновок, що на сьогоднішній день важливою проблемою є пошук і розробка нового антидифузійного матеріалу та нової технології отримання нероз'ємних з'єднань напівпровідникового матеріалу з комутуючою пластиною для забезпечення високої тепло-, електропровідності, низького рівня залишкових напружень, високої стійкості до термоцилювання та низької собівартості при виготовленні термоелементів.

Список літературних джерел

1. М.А. Анисимов, Новые <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D> - YANDEX_74 <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D>

[0%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D)

[YANDEX_73 термоэлектрические <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D>](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D)

[YANDEX_75 <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D>](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D)

[YANDEX_74 материалы <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D>](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D)

[YANDEX_76 на <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D>](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D)

[YANDEX_75 основе <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D>](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%BB%D1%8F%D0%BA%D)

%BA%D	-
YANDEX_77	редкоземельных
%D	-
YANDEX_76	редкоземельных
%D	-
YANDEX_78	редкоземельных
%D	-
YANDEX_77	гексаборидов
%D	-
YANDEX_79	редкоземельных
%D	-
YANDEX_78	редкоземельных

для <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D> -
YANDEX_79

криогенных <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D> -
D

<http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D> -
YANDEX_81

рефрижераторов <http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D> -
A%D

<http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D> -
YANDEX_82

[YANDEX_81](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D)

[YANDEX_83](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D)

[YANDEX_82](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D)

сенсоров [YANDEX_84](http://hghltd.yandex.net/yandbtm?lang=ru&fmode=envelope&tld=ua&text=%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%BA%D) // программа 51-й научной конференции Московского физико-технического института, с.191 (2008).

2. П. Шостаковский. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания // Новые технологии, 12, сс. 131-138 (2010).
3. Д.М. Фреїк, Л.І. Никируй, О.С. Криницький. Досягнення і проблеми термоелектрики 1. Історичні аспекти (Огляд)//ФІЗИКА І ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА, Т. 13, №2 (2012) сс. 297-318.
4. Л.І. Анатичук, Є.І. Антонюк, В.Я. Михайловський, О.Я. Лусте, Л.М. Вихор, І.С. Термена, Термоелектричні модулі для генераторів на газовому органічному паливі.- Термоелектрика №4.-Інститут термоелектрики НАН України та МОН України. - Чернівці, 2006.
5. UherC. SkutteruditeBasedThermoelectrics. Handbook of Thermoelectrics, Edited by Rowe, CRC Press, 2006. – P. 34-1 – 34-17.
6. Тушенцова Е.Н. Термоэлектрический модуль (ТЭМ). Электронный журнал. Молодежный научно-технический вестник.- МГТУ им. Н.Э. Баумана.- РФ, 2012.
7. Способ изготовления термоэлектрических модулей. Н01L21/50, Н01L35/34 (РФ)/ Ю.П. Прилепо, А.А. Кичкайло – Заявл. 11.07.2001, Опубл. 20.12.2002.