

УДК 621.362.2

М.В. Максимук, Р.М. Мочернюк, В.Я. Михайловський, докт. фіз.-мат. наук
Інститут термоелектрики НАН та МОН України, Україна

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ n-In₄Se₃ ТА p-PbTe ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРНИХ МОДУЛІВ НА РІВЕНЬ РОБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР 30-500°C

M.V.Maksymuk, R.M. Mochernyuk, V.Ya. Mikhailovsky, Dr.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF n-In₄Se₃ AND p-PbTe BASED MATERIALS FOR DEVELOPMENT OF THERMOELECTRIC GENERATOR MODULES FOR THE OPERATING TEMPERATURE LEVEL 30-500°C

На даний час максимальний ККД теплових двигунів знаходиться в межах 25-40%, тому значна частина теплової енергії залишається невикористаною і надходить в навколишнє середовище. У зв'язку з цим актуальними стають дослідження, спрямовані на пошук шляхів підвищення ефективності перетворення теплової енергії. Одним з перспективних способів є рекуперація відходів тепла промисловості, автомобільного транспорту для їх повторного застосування за допомогою термоелектрики [1-2].

Термоелектричний матеріал на основі In₄Se₃ привертає увагу дослідників завдяки низькій теплопровідності та високому коефіцієнту Зеебека [3]. Однак, у більшості випадків In₄Se₃ застосовують у вигляді тонких плівок для виготовлення фотоелектричних пристроїв. Результатів розробки і створення термоелементів на основі об'ємних матеріалів In₄Se₃ в літературі дуже мало.

Метою даного дослідження є оцінка термоелектричних властивостей селеніду індію для виявлення можливості його практичних використань у термоелектричних термопарних модулях, комп'ютерне проектування термоелектричних модулів на основі матеріалів In₄Se₃ та PbTe з використанням методів оптимального керування [4].

Для проведення розрахунків використано експериментально виміряні температурні залежності термоелектричних параметрів зразків In₄Se₃ n-типу провідності (рис. 1-3) отримані шляхом синтезу вихідних компонентів та гарячим пресуванням синтезованого матеріалу. За р-вітку вибрано матеріал на основі PbTe легований натрієм, оскільки в інтервалі температур 400-500°C добротність PbTe є досить високою (рис. 4).

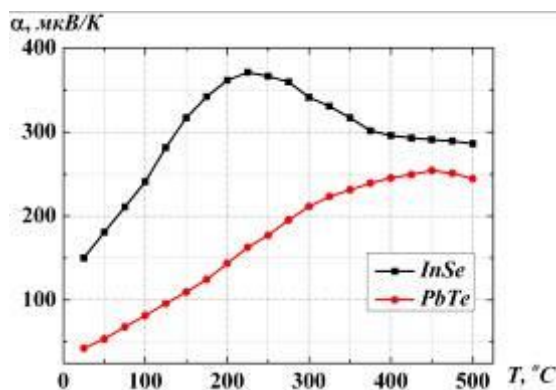


Рис. 1. Залежність коефіцієнту Зеебека n-In₄Se₃ і p-PbTe від температури.

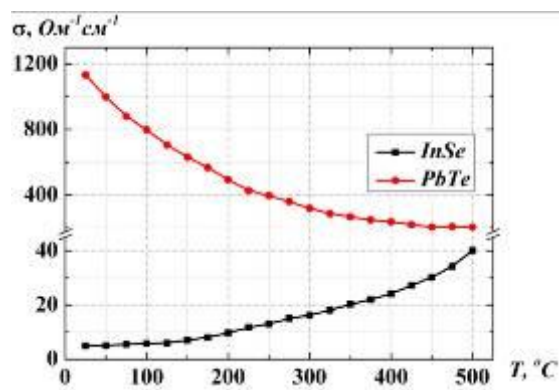


Рис. 2. Залежність електропровідності n-In₄Se₃ і p-PbTe від температури.

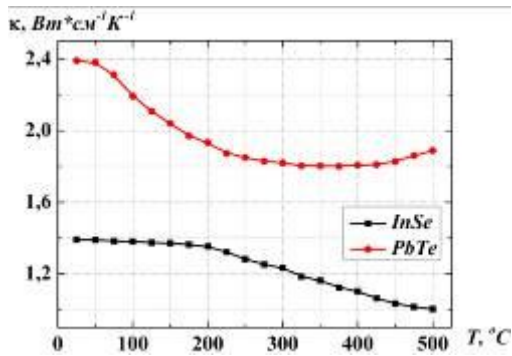


Рис. 3. Залежність теплопровідності n-In₄Se₃ і p-PbTe від температури.

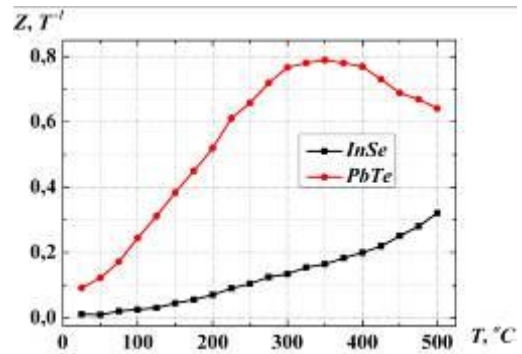


Рис. 4. Залежність добротності n-In₄Se₃ і p-PbTe від температури.

З урахуванням температурних залежностей параметрів термоелектричних матеріалів проведено проектування і розробка термоелектричних генераторних модулів з In₄Se₃ - PbTe для інтервалу температур гарячої сторони 450-500°C, холодної 30-90°C (рис. 5, 6).

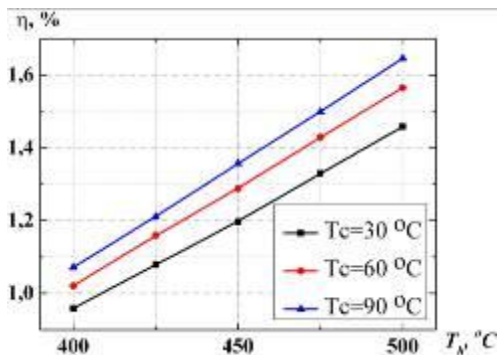


Рис. 5. Залежність ККД модуля з In₄Se₃-PbTe від температури гарячої сторони.

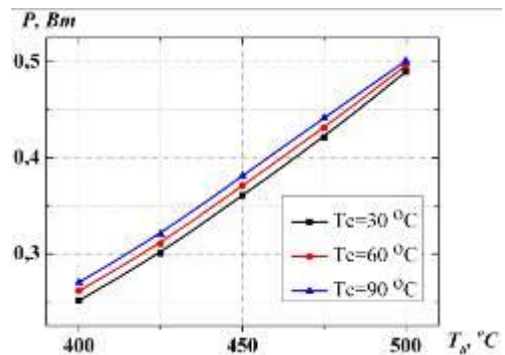


Рис. 6. Залежність потужності модуля з In₄Se₃-PbTe від температури гарячої сторони.

Аналіз результатів розрахунку показує, що максимальна ефективність модуля при $T_r = 500^\circ\text{C}$ і $T_x = 90^\circ\text{C}$ становить 1,65%. При зниженні температури гарячої сторони до 400°C ККД модуля знижується до 1.0-1.1%. Із збільшенням температури у In₄Se₃ істотно зменшується теплопровідність і збільшується електропровідність, що в підсумку забезпечує більш високе значення Z при підвищених температурах холодної сторони модуля. Залежність проходить через максимум, і подальше підвищення температури холодної сторони знижує ККД.

В цілому технологія одержання термоелементів на основі In₄Se₃ достатньо проста, комутація пар In₄Se₃-PbTe відпрацьована, що створює перспективу для оптимізації і практичного використання In₄Se₃ у термоелектричних генераторних модулях з робочою температурою до 500°C.

Література

1. Сакр К.М. Тепловой расчет термоэлектрических генераторов, работающих на выхлопных газах автомобилей: цели и задачи / К.М. Сакр, М.К. Мансур, М.Н. Мусса // Термоэлектричество. – 2008. – №1. – С. 64 – 73.
2. Анатычук Л.И. Эффективность термоэлектрических рекуператоров энергии выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания / Л.И. Анатычук, Р.В. Кузь, Ю.Ю. Розвер // Термоэлектричество. – 2011. – №4. – С. 80 – 85.
3. Ju-Hyuk Yim et al. / Thermoelectric properties of indium-selenium nanocomposites prepared by mechanical alloying and spark plasma sintering // Journal of Electronic Materials.-2012.-Vol. 41.-№ 6.-P.1354-1359.
4. Анатычук Л.И., Вихор Л.Н. Термоэлектричество. Том IV. Функционально-градиентные термоэлектрические материалы. – Черновцы: Букрек, 2012. – 182с.