

УДК 536.24



Прибила А.В.

Прибила А.В., канд. физ.-мат. наук^{1,2},
Кібак А.М.^{1,2}

¹Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна;
e-mail: anatysh@gmail.com;

²Чернівецький національний університет
ім. Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського 2,
Чернівці, 58000, Україна



Кібак А.М.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО МОДУЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЕТЕКТОРА РЕНТГЕНІВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

У роботі наведено результати експериментальних досліджень термоелектричного багатокаскадного модуля охолодження рентгенівських детекторів. Розроблено спеціалізований стенд, виготовлено термоелектричний модуль охолодження та проведено серію його досліджень в умовах, що імітують його роботу у складі детектора рентгенівського випромінювання. Бібл. 6, рис. 3.

Ключові слова: експериментальне дослідження, термоелектричне охолодження, рентгенівський детектор.

Вступ

Загальна характеристика проблеми. Термоелектричне охолодження достатньо широко використовується для забезпечення необхідної робочої температури різноманітних детекторів випромінювання [1 – 3]. Приймальний пристрій, розміщений на теплопоглинальній грані термоелектричного охолоджуючого модуля, як правило, монтується в герметичний корпус, основа якого перебуває в доброму тепловому контакті з теплообмінником.

Однокаскадні термоелектричні модулі застосовуються для неглибокого охолодження сенсорів випромінювання до температур ~ 250 К. Для охолодження сенсорів до робочої температури 230 К використовуються двокаскадні термоелектричні охолоджувачі (ТЕО), до температури 210 К – трикаскадні, до температури 190 К – чотирикаскадні ТЕО [3]. Такі перетворювачі мають низку переваг, зокрема невеликі габаритні розміри, міцність, високу надійність, робочий ресурс до 20 років.

В роботі [4] проведено комп'ютерне проектування чотирикаскадного термоелектричного модуля охолодження, що забезпечує температурні та теплові умови функціонування детектора рентгенівського випромінювання.

Метою даної роботи є експериментальна перевірка результатів моделювання багатокаскадного охолоджувача детектора рентгенівського випромінювання.

Конструкція ТЕО

В результатів комп'ютерного проектування та оптимізації розроблено конструкцію термоелектричного охолоджувача детектора рентгенівського випромінювання (рис. 1), що містить 4 каскади – по 6, 12, 27 і 65 пар віток (розмірами $0.6 \times 0.6 \times 1.8$ мм³) термоелектричного матеріалу на

основі телуриду вісмуту (Bi_2Te_3) n - і p - типів провідності з загальними габаритними розмірами – $12 \times 16 \times 12 \text{ мм}^3$. Розміри охолоджуваної площадки $4 \times 8 \text{ мм}$. Електроізоляційні пластини виготовлені з оксиду алюмінію (Al_2O_3) товщиною 0.5 мм, електрична комутація – з міді (Cu) із антидифузійним прошарком нікелю (Ni) товщиною 0.1 мм.

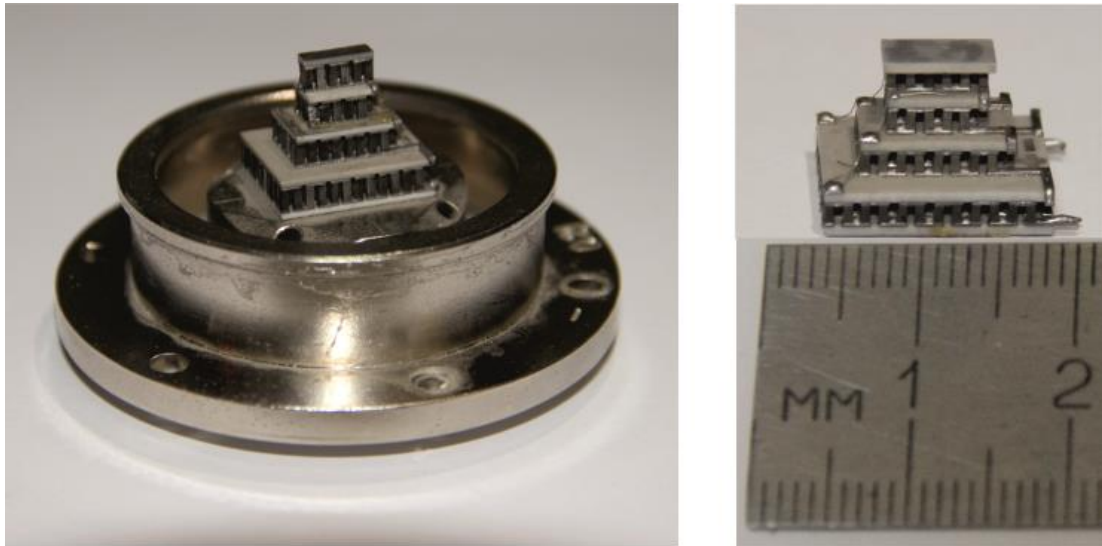


Рис. 1. Зовнішній вигляд термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання

Для проведення експериментальних досліджень термоелектричного багатокаскадного охолоджувача рентгенівських детекторів розроблено спеціальний вимірювальний стенд для максимального відтворення режимів його експлуатації (рис. 2).

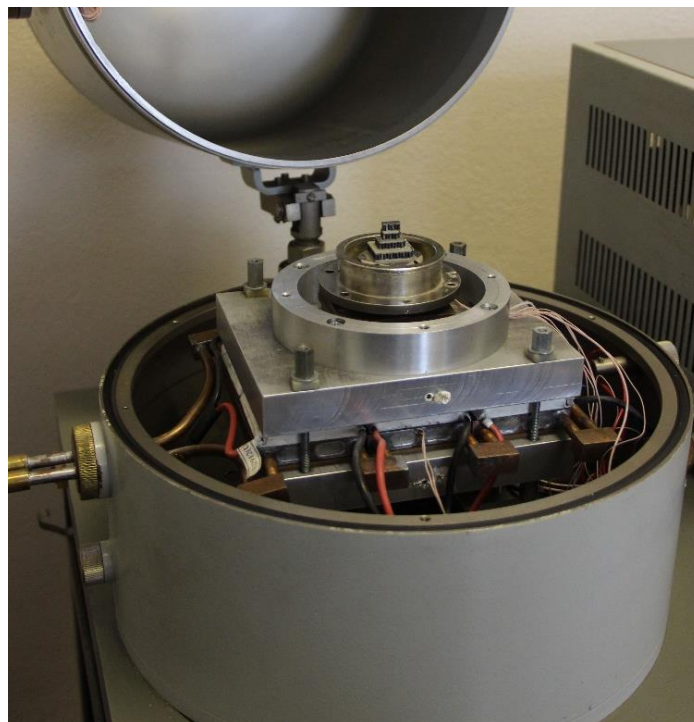


Рис. 2. Зовнішній вигляд термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання

Стенд складається із вакуумного поста для відтворення середовища всередині рентгенівського детектора, власне термоелектричного багатокаскадного модуля охолодження, пічки-імітатора теплового навантаження, системи відведення тепла та комплекту вимірювальних термопар.

Результати експериментальних досліджень

Процес вимірювання здійснювався у вакуумі, електрична потужність до термоелектричного модуля підводилася за допомогою спеціальних гермовиводів. На верхній поверхні термоелектричного модуля (холодна сторона термоелектричного модуля на якій розміщено детектор рентгенівського випромінювання) було розміщено пічку-імітатор теплового потоку. Вимірювання проводилися за допомогою спеціальних термопар (ТХК).

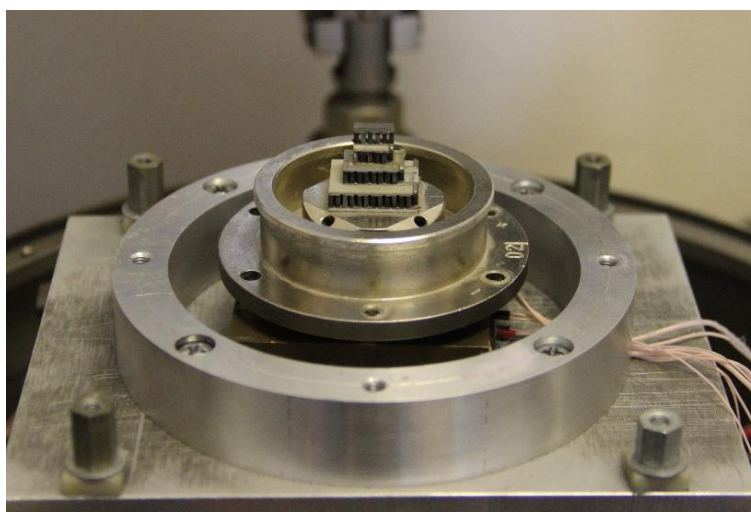


Рис. 3. Зовнішній вигляд термоелектричного модуля охолодження у вимірювальному стенді

В результаті вимірювання підтверджено основні результати проектування термоелектричного модуля охолодження для рентгенівського детектора:

- максимальний перепад температур $\Delta T_{\max} = 102 \text{ K}$ при температурі основи детектора $T_c = -203 \text{ K}$;
- електрична потужність $W = 3 \text{ Вт}$;
- холодильний коефіцієнт $\epsilon \approx 0.018$.

Отримані результати підтверджують можливості використання термоелектричних охолоджувачів для забезпечення температурних і теплових умов детекторів рентгенівського випромінювання і за своїми характеристиками переважають відомі світові аналоги.

Висновки

1. Виготовлено термоелектричний охолоджувач детектора рентгенівського випромінювання, що містить 4 каскади з термоелектричного матеріалу на основі Bi_2Te_3 габаритними розмірами – $12 \times 16 \times 12 \text{ мм}$ при забезпеченні площі охолоджуваної площадки $4 \times 8 \text{ мм}$.
2. Розроблено спеціальний стенд та проведено серію вимірювань параметрів термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання.
3. Виміряно електричну потужність термоелектричного перетворювача $W = 3 \text{ Вт}$, що при

холодильному коефіцієнті $\varepsilon = 0.018$ забезпечує температуру основи детектора $T_c^{(1)} = 203$ К та $\Delta T_{\text{макс}} = 102$ К.

4. Вимірювання в цілому повторюють результати комп'ютерного проектування термоелектричного модуля охолодження рентгенівських детекторів та підтверджують, що розроблений ТЕО за своїми характеристиками переважає відомі світові аналоги.

Література

1. Rogalski A. Progress in focal plane arrays technologies. Progress in Quantum Electronics, V. 36, N 2–3, 2012, P. 342–473.
2. A. Piotrowski, J. Piotrowski, W. Gawron, J. Pawluczyk and M. Pedzinska Extension of Usable Spectral Range of Peltier Cooled Photodetectors ACTA Physica Polonica A, Vol. 116, 2009, P. s-52 – s-55.
3. Anatyshuk L.I., Vihor L.N., The limits of thermoelectric cooling for photodetectors. J. of Thermoelectricity, 2013, №5, p. 54-58.
4. Анатичук Л.І., Прибила А.В. Проектування термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання // Термоелектрика. – 2019. №2. – С 53 – 58.

Надійшла до редакції 20.06.2019

Прибыла А.В., канд. физ.-мат. наук^{1,2}

Кибак А.Н.²

¹Институт термоэлектричества НАН и МОН Украины, ул. Науки, 1,
Черновцы, 58029, Украина, e-mail: anatysh@gmail.com;

²Черновицкий национальный университет
им. Юрия Федьковича, ул. Коцюбинского, 2,
Черновцы, 58012, Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ДЕТЕКТОРА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В работе приведены результаты экспериментальных исследований термоэлектрического многокаскадного модуля охлаждения рентгеновских детекторов. Разработан специализированный стенд, изготовлен термоэлектрический модуль охлаждения и проведена серия его исследований в условиях, которые имитируют его работу в составе детектора рентгеновского излучения. Библ. 6, рис. 3.

Ключевые слова: экспериментальное исследование, термоэлектрическое охлаждение, рентгеновский детектор.

A.V. Prybyla, cand. Phys. - math. Sciences^{1,2}
Kibak A.M.

¹Institute of Thermoelectricity
of the NAS and MES of Ukraine,
e-mail: anatykh@gmail.com

1, Nauky str., Chernivtsi, 58029, Ukraine;
²Yu.Fedkovych Chernivtsi National University,
2, Kotsiubynskyi str., Chernivtsi, 58000, Ukraine

EXPERIMENTAL STUDY OF A THERMOELECTRIC COOLING MODULE FOR AN X-RAY DETECTOR

The paper presents the results of experimental studies of a thermoelectric multistage thermoelectric cooling module for X-ray detectors. A specialized bench was developed, a thermoelectric cooling module was manufactured, and a series of its studies was conducted under conditions simulating its operation as part of an X-ray detector. Bibl. 6, Fig. 3.

Key words: experimental study, thermoelectric cooling, X-ray detector.

References

1. Rogalski A. (2012). Progress in focal plane arrays technologies. *Progress in Quantum Electronics*, 36, 342–473.
2. Piotrowski A., Piotrowski J., Gawron W., Pawluczyk J. and Pedzinska M. (2009). Extension of usable spectral range of Peltier cooled photodetectors. *ACTA Physica Polonica A*, 116, 52 – 55.
3. Anatykhuk L.I., Vikhor L.N. (2013). The limits of thermoelectric cooling for photodetectors. *J. Thermoelectricity*, 5, 54-58.
4. Anatykhuk L.I., Prybyla A.V. (2019). Design of thermoelectric cooling module for X-ray radiation detector. *J. Thermoelectricity*, 2, 53 – 58.

Submitted 20.06.2019