

УДК 537.32:621.57

Трехкаскадный термоэлектрический модуль на уровень температуры ~200 К

Т. Д. Алиева, Н. М. Ахундова, Д. Ш. Абдинов

Институт фотоэлектроники НАН Азербайджана, г. Баку, Азербайджанская Республика

Разработан, изготовлен и испытан трехкаскадный термоэлектрический модуль со следующими основными параметрами: при температуре окружающей среды ~295 К температура теплопоглощающей поверхности ~200 К, холодопроизводительность ~100 мВт, потребляемая мощность ~4,2 Вт, ток питания ~2,0 А, время выхода на режим ~70 с. По основным параметрам и рентабельности модуль превосходит свои аналоги.

Стремление к повышению рабочих температур охлаждаемых фотоприемников открывает широкие перспективы термоэлектрическим охладителям (ТЭО) [1, 2].

Термоэлектрические холодильные устройства при температуре холодного спая не ниже ~200 К характеризуются высокими значениями КПД, небольшой массой, надежностью и дешевизной. При этом уже освоены технологии, обеспечивающие долговечность вакууммированных термоэлектрических охладителей, достигающую ~10 лет. Однако традиционные конструкция, технология сборки, термоэлектрические материалы, применяемые в производстве ТЭО, имеют ряд недостатков, что приводит к повышению их себестоимости. В данной работе приводятся результаты по разработке и испытанию трехкаскадного термоэлектрического охладителя (модуля) на уровень температуры ~200 К, освобожденного от некоторых существующих в технологии и конструкции недостатков.

В качестве термоэлектрического материала использовались разработанные нами экструдированные образцы твердого раствора $n\text{-Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ с размерами зерен 1000 мкм и $p\text{-Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$ с размерами зерен 315 мкм. Эти материалы обладают близкой к монокристаллическим образцам термоэлектрической добротностью [3]. Одновременно их механическая прочность в 2—3 раза превышает механическую прочность монокристаллического материала, что приводит к значительному (в 3—4 раза) росту выхода термоэлементов, годных для сборки термомодулей. Повышенная механическая прочность экструдированного материала обеспечивает и более высокую надежность термоэлектрических модулей и приборов на их основе.

Экструдированные бруски твердых растворов были получены в следующей технологической последовательности: синтез твердого раствора из исходных компонентов; размельчение синтезированного материала и отбор фракций с соответствующими размерами; изготовление из отобранной фракции методом холодного прессования заготовок (брикетов); экструзия, т. е. выдавливание нагретых до пластического состояния брикетов через отверстие определенного размера. Технологические параметры экструзии для каждого твердого раствора установлены экспериментально.

По традиционной технологии изготовления многокаскадных термоэлектрических охладителей с последовательным соединением каскадов однокаскадные модули каждого каскада изготавливаются отдельно. Затем на основе

этих модулей собираются многокаскадные термоэлектрические батареи. При таких технологии и конструкции межкаскадные керамические теплопереходы и паяные соединения в батарее создают дополнительные тепловые сопротивления и нагрузки, что ведет к уменьшению холодильного коэффициента термоэлектрической батареи, увеличению потребляемой мощности, времени выхода на рабочий режим, а также себестоимости батареи.

В разработанной технологии эти недостатки устраняются сборкой трехкаскадного модуля в едином технологическом цикле. При этом верхний керамический теплопереход (теплопоглощающая поверхность) первого каскада является одновременно нижним (тепловыделяющим) теплопереходом второго каскада, а верхний теплопереход второго каскада — нижним теплопереходом третьего каскада. Таким образом, сокращены два керамических теплоперехода и, соответственно, значительно упрощена конструкция и улучшены тепловые параметры модуля. В конструкции были использованы керамические теплопереходы из окиси бериллия толщиной $\sim 0,7$ мм.

Техническая характеристика трехкаскадного термоэлектрического модуля

Температура теплопоглощающей поверхности (при температуре окружающей среды ~ 295 К), К	≤ 200
Потребляемая мощность, Вт	4,2
Ток питания, А	2,0
Время выхода на минимальную температуру, с	70
Площадь теплопоглощающей поверхности, мм ²	4x4
Число термоэлементов	29
Габаритные размеры батареи:	
площадь основания (тепловыделяющей поверхности), мм ²	12x11
высота, мм	14

Термобатарея выдерживает все виды испытания, предусмотренные для подобных приборов. Максимальная допустимая температура окружающей среды ~ 115 °С.

По основным параметрам и рентабельности модуль превосходит свои аналоги [2].

Разработанный термоэлектрический модуль может применяться в фотоприемниках для охлаждения фоточувствительных элементов (и других конструкциях для охлаждения радиоэлементов) с тепловой нагрузкой ≤ 100 мВт до 200 К. Теплосъем с горячего спая термобатареи осуществляется с помощью корпуса прибора естественно — конвекционным теплообменом с окружающей средой.

Л и т е р а т у р а

1. Аугина Ч. Р., Богомолов Г. А., Сидоров В. И. Новое поколение фотоприемных устройств ИК-диапазона // Зарубежная электронная техника. — М.: ЦНИИ «Электроника», 1982. № 5. С. 3—81.
2. Алиева Т. Д., Ахундова Н. М., Абдинов Д. Ш. Термоэлектрический охладитель на уровень температуры ~ 200 К для инфракрасных фотоприемников // ПТЭ. 1999. № 2. С. 164—165.

3. Djafarov E. G., Aliyeva T. D., Abdinov D. Sh. Thermoelectrical efficiency of the extruded samples of $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{1.5}\text{Te}_3$ and $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ solid solutions with different grain size: In 16th International Conference on Photoelectronics and Night Vision Devices; Anatoly M. Filachev, Editor//Proceedings of SPIE. 2000.V. 4340. P. 340—343.

Three-stage thermoelectrical module for ~ 200 K temperature level

T. D. Aliyeva, N. M. Akhundova, D. Sh. Abdinov
Institute of Photoelectronics of Azerbaijan National Academy
of Sciences Baku, Azerbaijan Republic

It has been designed, manufactured and tested the three-stage thermoelectric module with the following basic parameters: at the environment temperature equal ~ 295 K temperature of a heat-absorbing surface is ~ 200 K, cold productivity ~ 100 mW, power supply ~ 4.2 W, current supply ~ 2.0 A, operating (mode reaching) time ~ 70 s. The module exceeds in the basic parameters and profitability of the analogs.