

УДК 621.315

Термоэлектрические охлаждающие устройства. Воронин А. И., Гальперин В. Л. — В кн.: Научное приборостроение. Теоретические и экспериментальные исследования. Л.: Наука, 1984, с. 68—72.

В статье описаны области применения и рационального использования термоэлектрических охлаждающих устройств. Представлены приборы различного назначения, разработанные и изготовленные в последние годы в СКБ ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР. Лит. — 2 назв., ил. — 5.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОХЛАЖДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

В настоящее время в различных отраслях науки и техники находят широкое применение термоэлектрические охлаждающие устройства. По сравнению с машинными системами они имеют такие существенные преимущества, как возможность миниатюризации, отсутствие рабочих жидкостей и газов, большой ресурс работы при высокой надежности, удобство регулирования теплового режима охлаждения и холодопроизводительности (путем изменения величины рабочего тока) и переход из режима охлаждения в режим нагрева только за счет изменения полярности рабочего тока, бесшумность в работе, независимость от ориентации в пространстве. Область рационального использования термоохлаждающих устройств перекрывает довольно широкий интервал температур вплоть до минус 70—80 °С при небольших тепловых нагрузках (от милливатт до нескольких ватт), а их эффективность не зависит от количества отводимого тепла.

Основными конструктивными элементами термоохлаждающих устройств являются термоэлектробатарея с установленным на ее теплопоглощающей поверхности рабочим объемом (площадкой), теплообменник, отводящий тепло с тепловыделяющей поверхности термоэлектробатареи, теплоизоляция для уменьшения теплопритоков из окружающей среды. Принцип работы термоэлектробатареи основан на эффекте Пельтье. Разность температур, которую может обеспечить термоэлектробатарея, определяется эффективностью полупроводникового вещества, количеством каскадов и режимом ее работы. Термоэлектробатарея состоит из термоэлементов, которые представляют собой пары, соединенные токовыми перемычками, полупроводниковых ветвей *p*- и *n*-типа проводимости, изготовленных из материалов на основе Bi_2Te_3 — Sb_2Te_3 и Bi_2Te_3 — Bi_2Se_3 с термоэлектрической эффективностью $Z=3 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. В качестве систем теплоотвода наиболее часто используются водяные или воздушные теплообменники в зависимости от плотности отводимого теплового потока. Очень важное значение имеет тепловая изоляция, влияющая как на холодопроизводительность, так и на массо-габаритные характеристики устройства в целом. Распространенными способами снижения теплопритоков являются применение обычной пористой изоляции (пенопласт, пенополистирол), теплоизоляция сосудами Дьюара, вакуумирование охлаждаемого объекта. Выбор способа зависит от эксплуатационных особенностей работы устройства.

В последние годы в СКБ ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР разработан и изготовлен целый ряд термоэлектрических охлаждающих приборов. Это — холодильники для фотоэлектронных умножителей, холодильник для миниатюрных диодов, нуль-термостат для опорных спаев термодпар, термостат для настройки и регулировки терморегуляторов холодильных установок, термоэлектрический столик для термохромных материалов ФТИРОС.

Приемники лучистой энергии являются весьма благоприятными объектами для охлаждения твердотельными охладителями, так как активные тепловыделения большинства из них незначительны. Поэтому неудивительно, что широкое применение получили охладители ФЭУ. Их использование позволяет значительно повысить отношение сигнал/шум при детектировании слабых потоков излучения. Температура минус 40—60 °С оказывается вполне до-

статочной для практически полного устранения влияния термоэмиссии многих видов фотокатодов.

Первые разработки — холодильники ТЭХФ-1 и ТЭХФ-1М представляли собой двухкаскадные устройства с водяным теплосъемом и температурой охлаждения до минус 40 °С. Охлаждалась торцевая часть ФЭУ, непосредственно примыкающая к теплопоглощающей поверхности термобатареи, что сокращало время выхода ФЭУ на рабочий режим. Холодильники ТЭХФ-1 и ТЭХМ-1М предназначались для большинства типов ФЭУ, выпускаемых отечественной промышленностью, но обладали рядом недостатков: большим значением рабочего тока

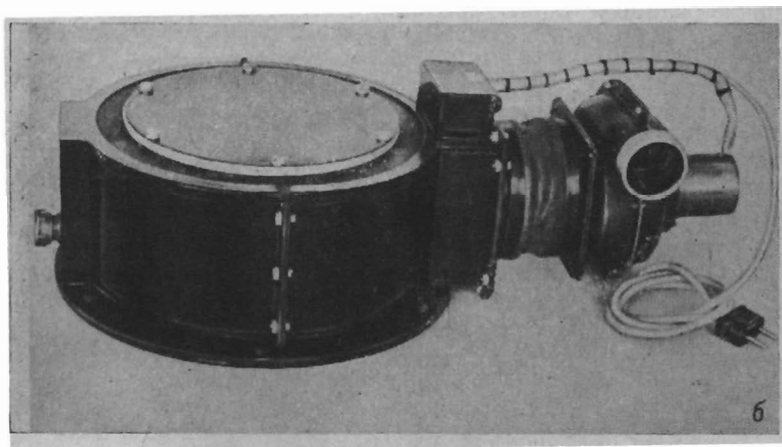
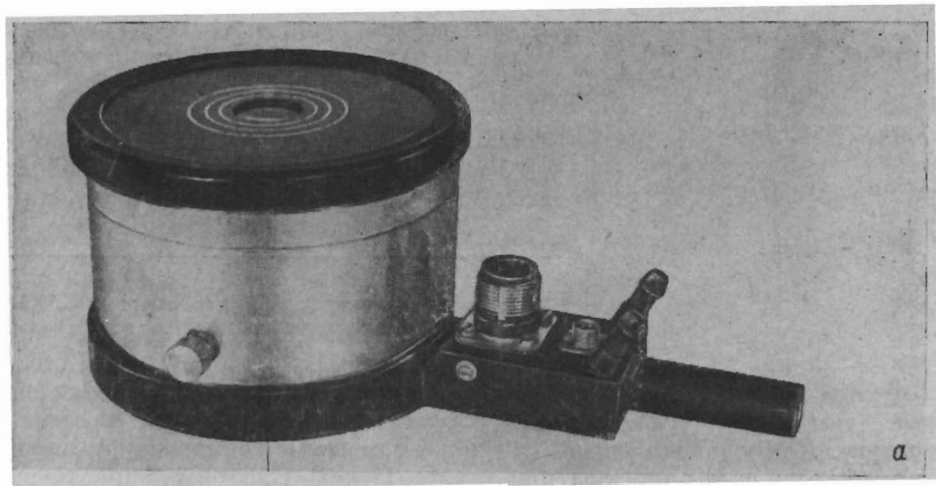


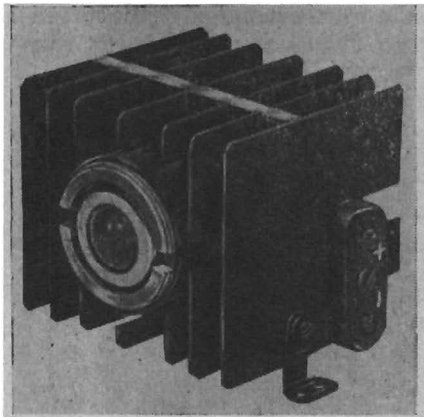
Рис. 1. Термоэлектрические холодильники ТЭХФ-2 (а) и ТЭХФ-3 (б) для фотоэлектронных умножителей.

(60 А), отсутствием защиты от магнитных наводок, влияющих на работу ФЭУ, возможностью конденсации влаги на катодном стекле ФЭУ. Эти недостатки были устранены в последующих модификациях — ТЭХФ-2 и ТЭХФ-3 (рис. 1).

Холодильник ТЭХФ-2 также охлаждает торцевую часть ФЭУ до минус 40 °С, но при рабочих токах 4 А и напряжении 30 В. Двухкаскадная термоэлектробатарея выполнена в виде 10 модулей, что повышает термомеханическую прочность конструкции, а также облегчает ремонт и взаимозаменяемость узлов при выходе из строя. В холодильнике ТЭХФ-2 установлена система магнитных экранов, защищающая ФЭУ от наводок, и устройство для предотвращения конденсации влаги. Отвод тепла осуществляется с помощью проточной воды. На базе холодильника ТЭХФ-2 создан трехкаскадный холодильник ТЭХФ-3, в котором достигнут более низкий уровень охлаждения — минус 60 °С, а отвод тепла осуществляется путем принудительного обдува вентилятором пла-

стинчатого воздушного теплообменника. Такой способ теплоотвода значительно расширяет эксплуатационные возможности использования холодильников совместно с ФЭУ, позволяет работать как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Холодильник ТЭХМД-1 (рис. 2) предназначен для поддержания температуры миниатюрных диодов и датчиков различного назначения в диапазоне от 0 до минус 20 °С при тепловой нагрузке до 0.5 Вт. Рабочий ток — 10 А, потребляемая мощность 4.5 Вт. Габаритные размеры холодильника ТЭХМД-1 — 50×55×55 мм. В конструкции предусмотрена герметизация охлаждаемого объекта, встроенная термопара обеспечивает контроль температуры. Отвод тепла осуществляется путем естественной конвекции.



В промышленности и лабораторной практике для измерения температуры обычно

Рис. 2. Термоэлектрический холодильник ТЭХМД-1 для миниатюрных диодов.

используются дифференциальные металлические термопары, один из спаев которых, так называемый опорный, должен находиться при постоянной температуре. Для удобства отсчета значений измеряемой температуры опорные спаи помещаются в тающий лед при температуре 0 °С. Применение тающего льда не всегда удобно, поэтому целесообразно иметь приборы, обеспечивающие автоматическое поддержание температуры при 0 °С. Нуль-термостат НТП-1

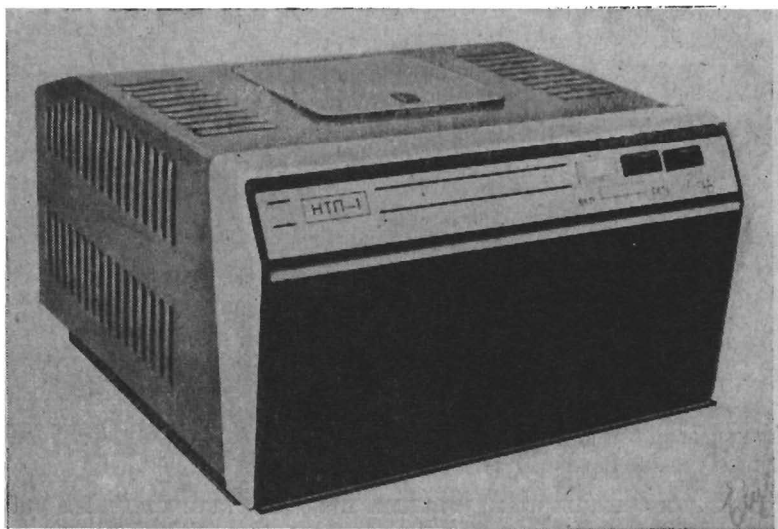


Рис. 3. Нуль-термостат НТП-1 для опорных спаев термопар.

(рис. 3) обеспечивает одновременное статирование 12 опорных спаев термопар на уровне 0 ± 0.05 °С. В отличие от известных конструкций [1] он обладает отсутствием электронной схемы автоматики, повышенной надежностью, теплоотводом путем естественной конвекции. Габаритные размеры 163×264×269 мм, вес 10 кг. Питание нуль-термостата НТП-1 осуществляется от однофазной сети напряжением 220 В. Потребляемая мощность не более 60 Вт.

Как было указано выше, термоэлектрический метод охлаждения и нагрева позволяет наиболее простым способом реализовать в одном приборе получение

температур выше и ниже температуры окружающей среды. Термостат ТЭТР-1 (рис. 4) предназначен для проверки и настройки терморегуляторов холодильных установок, а также для статирования любых цилиндрических объектов диаметром 20 мм и длиной до 150 мм в диапазоне температур от минус 5 до 10 °С с точностью ± 0.5 °С при изменении температуры окружающей среды от 1 до 40 °С.

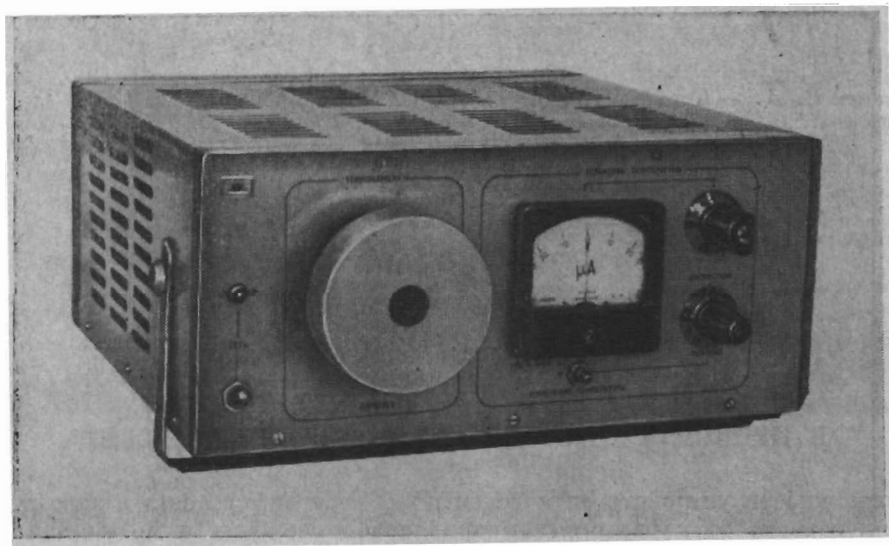


Рис. 4. Термоэлектрический термостат ТЭТР-1 для терморегуляторов.

Он состоит из двухкаскадной термобатареи с теплосъемом путем принудительного продува воздухом, термостатируемой камеры, блока питания и автоматики для регулировки температуры и реверса тока. Термостат ТЭТР-1 может эксплуатироваться как в лабораторных, так и полевых условиях.

Одной из важных проблем в области техники инфракрасного излучения является задача регистрации распределения энергии излучения по сечению пучка. В ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР были разработаны термохромные пленки ФТИРОС на основе окислов ванадия, которые позволяют с высокой разрешающей способностью индицировать энергию падающего на них излучения за счет изменения цвета пленки [2]. Термоэлектрический столик для пленок ФТИРОС (рис. 5) позволяет осуществлять периодическое стирание информации, записанной на пленке ФТИРОС внешним излучением и термостатировать

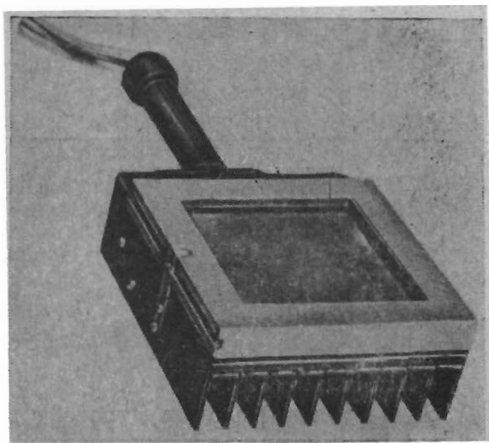


Рис. 5. Термоэлектрический столик для пленок ФТИРОС.

пленку в остальное время при температуре от 50 до 70 °С, соответствующей середине петли гистерезиса термохромного материала, при которой сохраняется цвет пленки, полученный перед этим от сигнала записи или стирания. Стирание происходит за счет охлаждения пленки на 10—15 °С от температуры статирования за время не более 10 с с помощью термоэлектробатареи, на которой она закреплена. Рабочий ток термоэлектробатареи 3.2 А при напряжении 5.0 В. Габаритные размеры столика 120×145×52 мм, вес 300 г.

Представленные в статье приборы охватывают весьма широкую, но далеко не полную область возможного использования термоэлектрических охлаждающих устройств. С таким же успехом они могут быть применены в медицине, СВЧ технике, вычислительной технике. Термоохлаждающие устройства хорошо совместимы с радиоэлектронной аппаратурой. Они становятся все более незаменимыми в научном приборостроении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коленко Е. А. — Термоэлектрические охлаждающие приборы. Л., 1967.
2. Андреев В. И., Булыгинский Д. Г., Захарченя В. П., Чудновский Ф. А. — Письма в ЖТФ, 1978, т. 4, вып. 16, с. 992.