

УДК 621.383.4/5.017.72

Некоторые нестандартные применения термоэлектрических охладителей в составе фотоприемников

Г. А. Аракелов

ФГУП «НПО "Орион"» — Государственный научный центр РФ, Москва, Россия

Показано, что многолетний опыт разработок фотоприемников (ФП) с термоэлектрическими охладителями (ТЭО) позволяет утверждать, что существует ряд применений этих охлаждающих устройств, которые нельзя отнести к стандартной функции ТЭО — обеспечение охлаждения фоточувствительных элементов (ФЧЭ), в частности, ТЭО в составе ФП могут быть использованы как: технологический инструмент для создания вакуумной рабочей среды прибора; средство для мониторинга вакуумной рабочей среды ФП; индикатор температуры своей теплопоглощающей поверхности.

В настоящее время во многих областях науки и техники нашли широкое применение ФП на базе одно- и многокаскадных ТЭО. Основное назначение ТЭО в составе таких приборов — обеспечение пониженных температурных уровней ФЧЭ, что в свою очередь позволяет реализовать требуемые значения удельной обнаружительной способности D^* , а также спектрального диапазона чувствительности [1]. В то же время опыт разработок рассматриваемой разновидности ФП выявил возможность и даже необходимость так называемых "нестандартных" применений ТЭО, благодаря которым удастся усовершенствовать технологии приборов в целом и повысить их эксплуатационные и надежность характеристики. Поясним сформулированный тезис уже реализованными на практике примерами.

Задача обеспечения максимально возможных перепадов температур в условиях имеющихся жестких ограничений массогабаритных характеристик и возможностей по сбросу тепла наиболее кардинальным способом решается путем применения вакуумной теплоизоляции в качестве рабочей среды ФП, что обеспечивает существенное снижение теплопритоков к ТЭО и, соответственно, уменьшение значений его потребной холодопроизводительности. Последнее позволяет реализовать минимальную потребляемую электрическую мощность [2].

Таким образом, особая техническая привлекательность вакуумных ФП на основе многокаскадных ТЭО является несомненной. Тем не менее в технологическом плане задача создания и поддержания в течение длительного времени (15 лет и более) в рабочем объеме ФП давления остаточных газов не более 10^{-2} Па (при этом конвекционный механизм теплопроводности отсутствует) не является тривиальной. Действительно, широко применяется способ обезгаживания электровакуумных приборов, основанный на вакуумном отжиге в те-

чение 3—8 ч находящихся в рабочем объеме конструктивных элементов при следующем режиме [3]: давление — $1 \cdot 10^{-4}$ — $1 \cdot 10^{-5}$ Па; температура — 300—500 °С.

Однако вышеприведенный способ является совершенно неприемлемым для большинства ФП на базе ФЧЭ из $Cd_xHg_{1-x}Te$, PbS, PbSe, InAg и др., которые ввиду своей специфики при температурах T_{cr} выше 60—70 °С необратимо деградируют с ухудшением своих фотоэлектрических параметров.

В процессе создания вакуумных ФП с ТЭО был разработан и успешно апробирован новый совершенно оригинальный способ обезгаживания. Суть его заключается в следующем. Предварительно ФП откачивается с помощью вакуумной установки до давления примерно $1 \cdot 10^{-4}$ Па. Затем включается в электросеть внешняя разогревающая электропечь, внутри которой размещен ФП. С помощью регулятора печи устанавливается температура, не превышающая T_{cr} для данного ФЧЭ (для ФЧЭ на базе PbSe $T_{cr} \approx 60$ °С). Повышение температуры производится таким образом, чтобы давление в вакуумной установке не превышало $5 \cdot 10^{-4}$ Па. Затем через источник постоянного тока включают ТЭО и осуществляют совместную регулировку токов питания электропечи и ТЭО так, чтобы на ФЧЭ температура не превышала T_{cr} , а на цоколе прибора (самая "горячая" зона ФП) — 150 °С (температура, выше которой начинается размягчение припоя ПОС-61, с помощью которого производится установка современных ТЭО на цоколь ФП). В указанном температурном режиме прибор подвергается непрерывной откачке в течение ~6—7 сут. Далее производится обезгаживание и активирование нераспыляемого газопоглотителя и отпайка ФП.

Итак, ТЭО может быть действенным технологическим инструментом создания вакуумной рабочей среды ФП. Немаловажным позитивным

фактором является также и то, что рассмотренный способ обезгаживания имитирует при экстремальных температурных условиях особенности эксплуатации ФП с ТЭО, когда цоколь прибора обычно перегрет относительно окружающей среды. Прибор фактически подвергается длительной "тренировке" в жестких температурных условиях.

В процессе эксплуатации вакуумных ФП с ТЭО весьма желательной является возможность постоянного мониторинга рабочей среды прибора. Если по какой-либо причине происходит повышение давления остаточных газов, то в ряде случаев можно предотвратить выход прибора из строя за счет своевременной реактивации (повторной активации) комплектованного ФП газопоглотителя, так как эта процедура имеет смысл при давлении не выше 10^{-1} Па (определяется спецификой процессов сорбции газов нераспыляемыми газопоглотителями). В то же время известна специфическая особенность многокаскадных ТЭО, проявляющаяся в том, что у этой разновидности охлаждающих устройств имеется хорошо наблюдаемая зависимость реализуемых перепадов температур от величины остаточного давления в рабочем объеме ФП. Этот фактор обуславливается значительным вкладом теплопритоков за счет конвекции и теплопроводности остаточных газов в общем балансе тепловых нагрузок на ТЭО.

Фактически при эксплуатации ФП ТЭО может быть использован как манометрический тепловой преобразователь вакуума. На практике это происходит следующим образом. Фотоприемник в сборе при определенной температуре окружающей среды, например 20°C , размещают на радиаторе, который применяется при эксплуатации прибора в составе аппаратуры. Фотоприемник через откачной штенгель также присоединяют к вакуумной установке, укомплектованной стандартным вакуумметром. Далее подключают ТЭО к источнику постоянного тока в режиме стабилизации тока или напряжения (в зависимости от условий эксплуатации ФП) и приступают непосредственно к градуировке, т. е. фиксации по показаниям термодатчика температуры T_x теплопоглощающей поверхности ТЭО при различных степенях вакуума. Градуировка ведется последовательно от низких степеней вакуума к высоким (вплоть до 10^{-4} Па). По окончании работы строится график $P = f(T_x)$, где P — остаточное давление в рабочем объеме ФП. После проведения градуировки производят технологические работы по вакуумному отжигу ФП, обезгаживанию и активированию газопоглотителя, а затем окончательной герметизации прибора. В дальнейшем при эксплуатации ФП определяют степень вакуума в его рабочем объеме по предварительно установленной градуированной кривой.

Приведем пример из серии нестандартных применений ТЭО в составе ФП. Редко, но на практике иногда встречается, что в ФП не удается разместить термодатчик для измерения температуры T_x . Это происходит из-за простого отсутствия "лишних" гермовыводов прибора. В этих случаях для индикации T_x вновь можно использовать сам ТЭО, так как его электрическое сопротивление R зависит от величины T_x , которая в свою очередь определяется тепловым сопротивлением теплоотводящего устройства, величиной теплопритоков к ТЭО, диапазоном рабочих температур и особенностей электропитания ТЭО (режимы стабилизации тока или напряжения). На практике это делается следующим образом. Подбирается выборка приборов в количестве 5—10 шт., достаточных для последующей статистической обработки. Перед окончательной герметизацией каждого прибора на теплоотводящей поверхности, установленной на цоколе с гермовыводами ТЭО, размещают тепловой имитатор объекта охлаждения: муляж многоплощадочного ФЧЭ на подложке с выводами. В непосредственной близости от теплового имитатора на теплопоглощающей поверхности ТЭО монтируют также терморезистивный микроминиатюрный термодатчик (ТД) с номинальным сопротивлением 2,2 или 3,3 кОм при 25°C . Выводы ТЭО, имитатора и ТД монтируют к гермовыводам цоколя прибора. После вышеуказанных процедур полученную сборку герметизируют технологическим колпаком с откачным штенгелем, с помощью которого производят или вакуумирование, или заполнение рабочего объема прибора каким-либо газом, в атмосфере которого работает реальный объект охлаждения. Далее сборку размещают на штатном теплоотводящем устройстве.

Затем, обеспечив таким образом соблюдение всех определяющих особенностей эксплуатации прибора, как и в предыдущем примере, приступают непосредственно к градуировке ТЭО, т. е. фиксации его сопротивления в зависимости от температуры T_x теплопоглощающей поверхности в диапазоне рабочих температур эксплуатации прибора, например от плюс 60°C до минус 60°C . Для этого полученную сборку со штатным теплоотводящим устройством помещают в климатическую камеру, обеспечивающую вышеуказанные значения рабочих температур.

Гермовыводы цоколя от ТЭО и ТД электрически соединяют, соответственно, с имеющим амперметр и вольтметр источником питания постоянным током и омметром. С помощью регулятора климатической камеры устанавливают повышенное значение рабочей температуры ($+60^\circ\text{C}$). Сборку термостабилизируют. Критерием термостабилизации является неизменность показаний

ТД вблизи вышеуказанной рабочей температуры. Далее на ТЭО подается стабилизированный рабочий ток или напряжение. По достижении стационарного температурного состояния теплопоглощающей поверхности ТЭО (фиксируется по показаниям ТД) по данным вольтметра и амперметра вычисляется ее электрическое сопротивление. Далее процесс градуировки ТЭО повторяется, но уже при других значениях рабочих температур с шагом 5—10 °С вплоть до минус 60 °С. По окончании работы для каждого прибора строится график $R = f(T_x)$, где R — электрическое сопротивление ТЭО; T_x — температура теплопоглощающей поверхности ТЭО. Закончив градуировку выборки ТЭО, выясняют среднюю для них зависимость $R = f(T_x)$, а также статистическую погрешность. Как и в предыдущем случае, используя эту предельно установленную градуировочную зави-

симость, измеряя R , определяют T_x в режиме реального времени.

Таким образом, приведенные примеры нестандартных применений ТЭО в составе ФП дают возможность утверждать, что дополнительно к своему основному назначению эта интересная разновидность миниатюрных охлаждающих устройств в составе ФП может реализовывать несколько необычные, но чрезвычайно полезные функции.

Л и т е р а т у р а

1. Arakelov G. A. // Journal of Thermoelectricity. Chernivtsi: Institute of thermoelectricity. 1993. V. 1. № 1. P. 59—61.
2. Аракелов Г. А. Состояние работ и перспективы развития термоэлектрического охлаждения для фотоэлектрических полупроводниковых приемников излучения // Прикладная физика. 2002. № 6. С. 78—84.
3. Черепнин Н. В. Вакуумные свойства материалов для электронных приборов. — М.: Сов. радио, 1966.

Статья поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

Some non-standard applications of thermoelectric coolers in photodetectors

G. A. Arakelov

Orion Research-and-Production Association, Moscow, Russia

Many years of practical experience in the development of photodetectors (PD) with thermoelectric coolers (TEC) have proved that there are some application of said coolers which by no means can be ascribed to the standard function of thermoelectric cooler – that of cooling the photosensitive elements (PSE). When incorporated into a photodetector assembly, the thermoelectric cooler can, in particular, be used as: a technological tool to produce vacuum working medium of the instruments; a means to monitor vacuum working medium of photodetector; a temperature indicator of its heat-absorbing surface.

УДК 53.043:53.06

Применение импульсного УФ-лазера для скрайбирования фотоприемных матриц и линеек на МЛЭ КРТ

А. Р. Новоселов, А. Г. Клименко, В. В. Васильев

Институт физики полупроводников СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Увеличение массива фотоприемных ячеек в инфракрасных фотоприемных устройствах (ИК—ФПУ) приводит к росту физических размеров фотоприемных микросхем. Этому препятствуют увеличение вероятности возникновения неработающих ячеек во время изготовления и увеличение вероятности разрыва индиевых столбов связи между КРТ-фотоприемниками и кремниевой микросхемой считывания при термоциклировании во время эксплуатации. Применение концентрированного лазерного излучения для скрайбирования позволяет избежать эти проблемы.

Требование сегодняшнего дня, предъявляемое к ИК—ФПУ — это увеличение массива фотоприемных ячеек, что позволяет получать более четкое

изображение. Увеличение массива фотоприемных ячеек приводит к росту физических размеров фотоприемных микросхем. Увеличению физических