

80 °С), ртутью (от -35 до 600 °С). Оболочку изготавливают из спец. сортов стекла и подвергают старению, а для точных и высокотемпературных Т.— из кварцевого стекла. Высокотемпературные ртутные Т. заполняют азотом под давлением 1—20 атм—для предотвращения перегонки ртути в свободный более холодный конец капилляра. При точных измерениях учитывается темп-ра ртути в капилляре, для чего ртутные Т. погружают в измеряемую среду целиком или до уровня жидкости в капилляре или вводится поправка на выступающий столбик ртути, темп-ра к-рого измеряется отд. Т. Точность лучших ртутных Т. при измерениях темп-ры до 100 °С достигает неск. мК. Жидкостные Т. непригодны для автоматич. измерений и постепенно вытесняются электрическими.

Из электрических Т. наиб. распространены Т. сопротивления. Их действие основано на зависимости сопротивления чистых металлов от темп-ры. В металлах она обусловлена рассеянием электронов проводимости на тепловых колебаниях решётки и в осн. линейна. При темп-рах ниже 20 К, где сказывается рассеяние электронов на дефектах структуры, и при высоких темп-рах, когда начинают дополнит. вакансии, зависимость сопротивления от темп-ры перестаёт быть линейной.

В металлическом Т. сопротивления чаще всего применяются высококачественные платина, медь и никель. Чувствительный элемент металлич. Т. изготавливают из проволоки, укреплённой на изолирующем каркасе, или из металлич. плёнки, нанесённой на подложку, и, как правило, помещают в защитный кожух. Для получения стабильных показаний проволока укладывается на каркасе свободно, с тем чтобы избежать её деформаций вследствие различий теплового расширения проволоки и каркаса. Чувствительный элемент отжигается, и проволока становится очень мягкой. Для платиновых эталонных Т., воспроизводящих Международную температурную шкалу, применяется проволока, в к-рой примеси не обнаруживаются при спектральном анализе, а отношение сопротивлений Т. при 100 °С и при 0 °С для таких Т. должно быть не менее 1,3925. Эталонные платиновые Т. имеют точность от 1 до 10 мК. В техн. металлич. Т. проволока закреплена жёстко, что обеспечивает прочность прибора, но приводит к падению точности до 0,1—1 К.

При низких темп-рах (до 0,5 К) наиб. точны Т. из сплавов, содержащих небольшое (0,5%) кол-во магн. металла (напр., сплав родия с железом или сплав платины с кобальтом). Зависимость от темп-ры у этих Т. связана с дополнит. рассеянием электронов проводимости на магн. примесях, при к-ром спин электрона меняет направление (*Кондо эффект*), и с постепенным упорядочением ориентации магн. моментов примеси при понижении темп-ры. Такие Т. в области темп-р ниже 14 К обладают чувствительностью в сотни раз большей, чем платиновые. Стабильность их очень высока, поскольку прочность отожжённой проволоки из таких сплавов гораздо выше, чем прочность платиновой проволоки.

Т., использующие температурную зависимость полупроводников, очень разнообразны и применяются при низких темп-рах. Часто используются Т. из германия, легированного сурьмой или мышьяком, с добавлением до 10% акцепторной примеси. При этом ширина запрещённой зоны снижается до сотых долей эВ и при темп-рах ниже 100 К все примесные атомы ионизованы. При понижении темп-ры число ионизов. атомов и соответственно электронов в зоне проводимости экспоненциально уменьшается и при 10 К становится пренебрежимо малым. При более низких темп-рах проводимость полупроводника не связана со свободными электронами, она продолжает падать экспоненциально, но по иному закону. Чувствительность германиевых Т. очень высока, их сопротивление меняется на десятки процентов при изменении темп-ры на 1 К вблизи 20 К и на сотни процентов вблизи 2 К. Полупроводниковые Т. различаются по осн. веществу, легирующим материалам, их концентрациям и способам легирования.

Широко распространены также Т. из углеродных материалов (для измерения темп-р от 0,01 до 10 К), термисторы

из окисей магния, никеля и кобальта (для измерения ср. темп-р) и из окисей редкоземельных элементов (для темп-р до 1000 К). Сопротивление этих Т. растёт с понижением темп-ры. Их проводимость обусловлена преодолением электронами энергетич. барьера на границах зёрен. Углеродные Т. чувствительны к присутствию адсорбированного на границах зёрен атм. кислорода, поэтому чувствительные элементы таких Т. термизируются.

Применяются также Т., основанные на температурной зависимости эде термонар, электрич. ёмкости сегнетоэлектрика, падения напряжения на полупроводниковом диоде, резонансной частоты пьезокарта, давления плавления гелия-3 (от 1 мК до 0,5 К) и т. д. Т. различаются по условиям их применения: метеорологические, медицинские, глубоководные, инкубаторные и др.

Лит.: Температурные измерения. Справочник, 2 изд., К., 1989; Куинн Т., Температура, пер. с англ., М., 1985. Д. Н. Астров.

ТЕРМОМЕТРИЯ—раздел физики и измерит. техники, посвящённый методам и средствам измерения *температуры*. Одновременно Т.—раздел *метрологии*, в задачи к-рого входит обеспечение единства температурных измерений: установление температурных шкал, создание эталонов, разработка методик градуировки и поверки приборов для измерения темп-ры.

Темп-ра не может быть измерена непосредственно. Любой метод Т. связан с применением *температурной шкалы*, связывающей темп-ру с др. физ. свойством (объёмом, давлением, электрич. сопротивлением, эдс, интенсивностью оптич. излучения и т. д.).

Единство температурных измерений основано на Международной температурной шкале 1990 (МТШ-90), воспроизводимой Гос. *эталон*ом в диапазоне 0,8—1234 К. По Гос. эталону поверяют образцовые приборы, по к-рым градуируют рабочие *термометры*. Методы Т. обычно разделяют на две осн. группы: контактные методы (собственно Т.) и бесконтактные методы (Т. излучения, или пирометрия). При контактном методе прибор, измеряющий темп-ру объекта, должен находиться с ним в тепловом равновесии, т. е. иметь с ним одинаковую темп-ру. Методы достижения теплового равновесия и измерения термометрич. свойства сильно различаются в зависимости от диапазона темп-р, требуемой точности и условий измерения. Все приборы контактной Т. состоят из термометра и вторичного прибора—измерителя термометрич. свойства (манометра, потенциометра, измерит. мостов, логометра, милливольтметров и т. д.), шкалы к-рых часто градуированы в °С. Иногда под термином «термометр» понимают комплект из собственно термометра и вторичного прибора.

Многочисл. методы контактной Т. обычно различаются по термометрич. свойству (газовая, акустическая, шумовая, магн. Т. Т. по сопротивлению и т. д.).

Лит. см. при ст. *Термометр*. Д. Н. Астров, Д. И. Шаревская.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ (эффект фонтанирования)—появление в сверхтекучей жидкости разности давлений ΔP , обусловленной разностью темп-р ΔT (см. *Сверхтекучесть*). Т. э. впервые наблюдался Дж. Алленом и Х. Джонсом (J. F. Allen, H. Jones, 1938). Т. э. проявляется в различии уровней жидкости в двух сосудах, сообщающихся через узкую щель или капилляр и находящихся при разных темп-рах (рис., а). Другой наглядный способ демонстрации Т. э. заключается в нагреве излучением трубки, набитой мелким чёрным порошком и опущенной одним концом в сверхтекучий гелий. При освещении порошок быстро нагревается, и из-за возникающей разности давлений в сосуде и вне его жидкий гелий фонтаном выбрасывается из верх. конца капилляра (рис., б). В рамках двухжидкостной модели сверхтекучего гелия Т. э. можно объяснить как выравнивание концентраций сверхтекучей компоненты, свободной протекающей через щель в направлении нагретой части жидкости. В то же время поток нормальной компоненты в обратном направлении невозможен из-за действия сил вязкости (см. *Гелий жидкий*). Для разности давлений в Т. э. термодинамически получено со-