



УДК 621.317.79

**ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
И ВЫБОР ТИПА ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДАТЧИКА ДЛЯ БЛОКА
ИЗМЕРЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ СТОЛИКА
ПЕЧИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРИЁМНИКА ИОНОВ**

Гульматова Е.С., Чернышова Е.Н., Блажко И.О.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск

Одним из важнейших параметров, влияющих на физико-химические свойства слоев, получаемых при ионной имплантации, является температура облучаемой мишени. Для решения ряда научных задач требуется исследование слоев, полученных при высокой температуре. Для нагрева образца во время имплантации используют нагревательные печи, устанавливаемые между образцом и столиком объектодержателя. Для измерения температур в широком диапазоне (включая высокие – более 300°C) обычно используют термопарные датчики. При этом возникает необходимость учета температуры “холодного спая” термопары. В высокотемпературном приемнике ионов “холодные” концы термопар находятся в вакуумной камере в тепловом контакте с трубопроводом системы охлаждения столика объектодержателя, температура которого существенно отличается от температуры корпуса регулятора. По этой причине в разработанном устройстве преобразователь сигнала термопары выполнен в виде выносного модуля, имеющего тепловой контакт с трубопроводом системы охлаждения. В данной статье проведен обзор существующих методов измерения температуры и выбор типа используемого датчика для блока измерения и стабилизации температуры столика печи высокотемпературного приёмника ионов

Ключевые слова: температура, контроль, столик печи высокотемпературного приёмника ионов

**REVIEW OF EXISTING METHODS OF TEMPERATURE MEASUREMENT
AND SELECTION OF THE TYPE OF SENSOR USED FOR THE UNIT FOR
MEASURING AND STABILIZING THE TEMPERATURE OF THE FURNACE
TABLE OF THE HIGH-TEMPERATURE ION RECEIVER**

Gulmatova E.S., Chernyshova E.N., Blazhko I.O.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
Novocherkassk

One of the most important parameters affecting the physicochemical properties of the layers obtained by ion implantation is the temperature of the irradiated target. To solve a number of scientific problems, it is necessary to study the layers obtained at high temperatures. To heat the sample during implantation, heating furnaces are used, installed between the sample and the object holder table. To measure temperatures in a wide range (including high temperatures over 300 °C), thermocouple sensors are usually used. In this case, it becomes necessary to take into account the temperature of the “cold junction” of the thermocouple. In a high-temperature ion receiver, the “cold” ends of thermocouples are in a vacuum chamber in thermal contact with the pipeline of the cooling system of the object holder's table, the temperature of which differs significantly from the temperature of the regulator body. For this reason, in the developed device, the thermocouple signal converter is made in the form of an external module having thermal contact with the pipeline of the cooling system. This article provides an overview of the existing methods for measuring temperature and the choice of the type of sensor used for the unit for measuring and stabilizing the temperature of the furnace stage of the high-temperature ion receiver

Keywords: temperature, control, table of the furnace of the high-temperature ion receiver



Для выбора датчика температуры проведем обзор существующих подходов. Требования к измерению температуры, следующие: диапазон измерений от +20 до +400 градусов по Цельсию, погрешность измерения не выше 1% и невысокая стоимость датчиков.

Общая характеристика наиболее широко применяемых датчиков температуры рассмотрена далее.

Если рассматривать датчики температуры для промышленного применения, то можно выделить их основные классы:

1. Электромеханические датчики температуры (биметаллические, дилатометрические датчики, жидкостные и газовые термометры);
2. Датчики температуры генераторного типа (термопары проводниковые и полупроводниковые);
3. Датчики температуры параметрического типа:
 - термометры сопротивления (проводниковые, металлические);
 - полупроводниковые (кремниевые датчики температуры, то есть термисторы, полупроводниковые диоды, транзисторы);
 - термодатчики емкостные (зависимость диэлектрической проницаемости от температуры, тиконд);
 - датчики, реализующие зависимость магнитных свойств веществ от температуры (закон Голицина-Вейса и другие эффекты);
 - пьезорезонансные;
4. Приборы для измерения температуры бесконтактного принципа действия (акустические, инфракрасные датчики температуры, пирометры);
5. Датчики температуры другого типа (термоиндикаторы);

В качестве датчиков температуры возможно использование двух типов датчиков: термосопротивлений (ТС) и термопар (ТП). ТС относятся параметрическому типу преобразователей; электрическое сопротивление ТС зависит от температуры. ТП относятся к генераторным типам датчиков.

Контактные методы измерения температуры

Рассмотрим наиболее часто используемые датчики контактного типа – термопары (рис. 1).

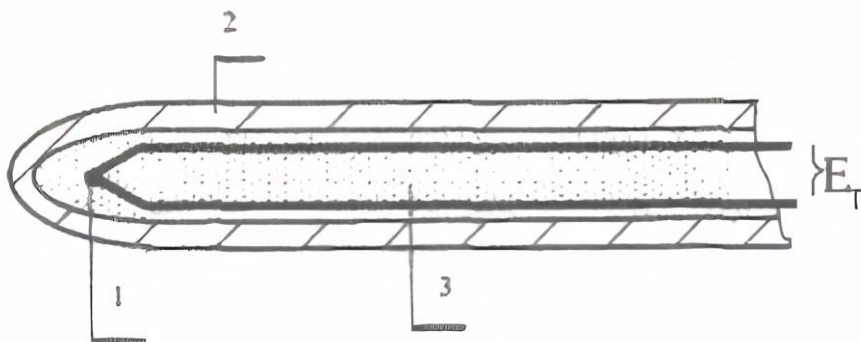


Рис. 1 – Конструкция термопары: 1 – спая проводников, 2 – корпус; 3 – изолятор

Термопары сами выдают напряжение при изменении разности температуры между «холодными» и «горячими» спаями различных проводников. Поэтому, при



измерении температуры такими датчиками необходимо использовать дополнительный датчик абсолютной температуры или термостабилизировать один из спаев термопары. На сегодняшний день широко применяются проволоочные и тонкопленочные термопары. При этом диаметр проволоки может составлять несколько миллиметров, а толщина пленки набирать нескольких микрометров. В первом случае термопары назначаются для тяжелых условий эксплуатации, а во втором – для контроля быстропротекающих малоэнергоемких тепловых процессов.

Для подключения пленочных термопар к объекту разработано несколько способов. Это применение различных цементирующих материалов, плазменное нанесение керамических покрытий, механический контакт и т.п.

Преимущества термопар включают точные и стабильные показания в широком температурном диапазоне, а также их устойчивость к неблагоприятным экологическим последствиям.

Датчики температуры параметрического типа.

Терморезистивные датчики (термосопротивления) имеют возможность изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры. Они используются для измерения неэлектрических величин (температура, скорость, концентрация, плотность вакуума и т.д.), которые характеризуют газообразной или жидкой среды в диапазоне температур от -250 до $+1000$ °С термисторы изготавливаются из металла и полупроводника.

Термометры сопротивления резисторов изготовлен из платины, меди или никеля. Этот провод может быть резисторы или металлический слой может быть осажден на изолирующей подложке, как правило, из стекла или керамики. Платина наиболее часто используется в термометрах сопротивления из-за своей высокой стабильности и линейности сопротивления при изменении температуры. Медь используется в основном для измерения низких температур и никеля в недорогих датчиках для измерения диапазона температур окружающей среды.

При использовании терморезистивных датчиков широко используются методы, связанные с преобразованием измеряемого параметра в напряжение или ток.

Рассмотрим, как работает преобразователь сопротивления в напряжение (ПСН) с источником стабильного тока приведен на рисунке 2 и с расчетом напряжения.

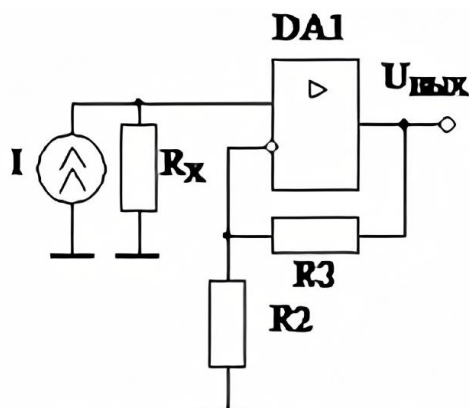


Рис. 2 – Преобразователь сопротивления в напряжение (ПСН) с источником стабильного тока



$$U_{\text{ист.напр}} = I \cdot R_X.$$

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{ист.напр.}} \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) = I \cdot R_X \cdot \left(\frac{R_2 + R_3}{R_2}\right).$$

Вывод: Наиболее подходящим способом измерения является измерение с помощью термопар, так как они относительно недороги, могут работать в тяжелых условиях и их погрешность не превышает требуемую.

© Гульматова Е.С., Чернышова Е.Н., Блажко И.О., 2019