

ISO/TC 112

Secretariat: DIN

Voting begins on:
2017-05-31

Voting terminates on:
2017-07-26

Vacuum technology — Vacuum gauges — Specifications, calibration and measurement uncertainties for Pirani gauges

Technique du vide — Manomètres à vide — Spécifications, étalonnage et incertitudes de mesure pour les jauges Pirani

RECIPIENTS OF THIS DRAFT ARE INVITED TO SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING DOCUMENTATION.

IN ADDITION TO THEIR EVALUATION AS BEING ACCEPTABLE FOR INDUSTRIAL, TECHNOLOGICAL, COMMERCIAL AND USER PURPOSES, DRAFT INTERNATIONAL STANDARDS MAY ON OCCASION HAVE TO BE CONSIDERED IN THE LIGHT OF THEIR POTENTIAL TO BECOME STANDARDS TO WHICH REFERENCE MAY BE MADE IN NATIONAL REGULATIONS.



Reference number
ISO/FDIS 19685:2017(E)



COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT

© ISO 2017, Published in Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized otherwise in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, or posting on the internet or an intranet, without prior written permission. Permission can be requested from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Contents

Page

| | |
|--|-----------|
| Foreword | iv |
| Introduction | v |
| 1 Scope | 1 |
| 2 Normative references | 1 |
| 3 Terms and definitions | 1 |
| 4 Symbols and abbreviated terms | 4 |
| 5 Principle of Pirani gauge | 4 |
| 6 Specifications for Pirani gauge | 5 |
| 6.1 General..... | 5 |
| 6.2 Measuring principle..... | 5 |
| 6.3 Type of output..... | 5 |
| 6.4 Range of output and output display resolution..... | 5 |
| 6.5 Measurement range and full scale..... | 5 |
| 6.6 Expected measurement uncertainty..... | 5 |
| 6.7 Material exposed to gas..... | 5 |
| 6.8 Connecting flange..... | 5 |
| 6.9 Interface and pin-connections..... | 6 |
| 6.10 Warm-up period..... | 6 |
| 6.11 Compatibility between gauge tube and controller..... | 6 |
| 6.12 Normal operating (environment) conditions..... | 6 |
| 6.13 Electrical power supply..... | 6 |
| 6.14 Cable length..... | 6 |
| 6.15 Maximum bake-out temperature..... | 6 |
| 6.16 Dimensions of gauge head and controller..... | 6 |
| 6.17 Mounting orientation..... | 6 |
| 7 Additional (optional) specifications for Pirani gauge | 6 |
| 7.1 Long-term instability..... | 6 |
| 7.2 Relative sensitivity factor..... | 7 |
| 7.3 Hysteresis..... | 7 |
| 7.4 Response time..... | 7 |
| 7.5 Inspection record and calibration certificate..... | 7 |
| 7.6 Configuration..... | 7 |
| 7.7 Weight..... | 7 |
| 7.8 Storage and transport condition..... | 7 |
| 7.9 Photographs..... | 7 |
| 7.10 Maximum power consumption..... | 7 |
| 7.11 Set point of pressure..... | 7 |
| 8 Calibration and other measurement procedures | 7 |
| 8.1 General..... | 7 |
| 8.2 Conditions for calibrations..... | 8 |
| 8.3 Assembly and adjustments of calibration item..... | 8 |
| 8.4 Calibration..... | 9 |
| 8.5 Measurement uncertainties during calibration..... | 9 |
| 8.6 Calibration certificate..... | 9 |
| 8.7 Measurement procedure for hysteresis..... | 10 |
| 8.8 Measurement procedure of response time..... | 10 |
| 9 Measurement uncertainties at use | 10 |
| Annex A (informative) Typical Pirani gauge | 12 |
| Bibliography | 13 |

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation on the voluntary nature of standards, the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see the following URL: www.iso.org/iso/foreword.html

This document was prepared by Technical Committee ISO/TC 112, *Vacuum technology*.

Introduction

ISO 3567 and ISO 27893 are basic standards with no specific guidelines of a special type of vacuum gauge and are generally applicable. Detailed guidance for a specific gauge is intended to be given in separate technical specifications for the calibration of special types of gauges.

This document complements ISO 3567 and ISO 27893 when characterizing or calibrating Pirani gauges or using them as reference gauges.

Pirani gauges are widely used to measure pressures in the medium vacuum up to atmospheric pressure. The relevant parameters, calibration guidelines and uncertainties for the dissemination of the pressure scale and measurement of low and medium vacuum pressures by a Pirani gauge are described in this document.

Vacuum technology — Vacuum gauges — Specifications, calibration and measurement uncertainties for Pirani gauges

1 Scope

This document identifies parameters of Pirani gauges, their calibration procedure, and describes measurement uncertainties to be considered when operating these gauges.

This document applies to Pirani vacuum gauges operating over a pressure range of 0,01 Pa to 150 kPa.

This document complements ISO 3567 and ISO 27893 when calibrating Pirani gauges and using them as reference standards.

In addition, this document defines procedures to characterize Pirani gauges for response time and hysteresis.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 3567:2011, *Vacuum gauges — Calibration by direct comparison with a reference gauge*

ISO 27893, *Vacuum technology — Vacuum gauges — Evaluation of the uncertainties of results of calibrations by direct comparison with a reference gauge*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1 Definitions of components

3.1.1

thermal conductivity gauge

vacuum gauge in which the pressure is determined in relation to the transfer of thermal energy between the surfaces of two fixed elements maintained at different temperatures

Note 1 to entry: This gauge is based on the thermal conductivity of a gas being pressure dependent.

[SOURCE: ISO 3529-3:2014, 2.4.2.2, modified — Example has been deleted.]

3.1.2

Pirani gauge

thermal conductivity gauge in which the heated element is part of a Wheatstone bridge that supplies the energy to the element and by which the electrical resistance or the dissipated power of the element is being measured

Note 1 to entry: Some types of Pirani gauges have an extended upper limit of measurement range by using the heat convection inside the tube. This type is often called convection-enhanced Pirani gauge.

Note 2 to entry: See [Annex A](#).

[SOURCE: ISO 3529-3:2014, 2.4.2.2.2, modified — Note 1 to entry has been replaced.]

3.2 Definitions of physical parameters

3.2.1

internal volume

volume of the gauge that is exposed to the vacuum system where it is attached to, counted from the connecting flange plane

3.2.2

thermal accommodation coefficient

ratio of the absolute temperature of the molecule after a hit with the heated element in a Pirani gauge and the absolute temperature of the heated element

3.2.3

long-term instability

quantity characterizing the typical change of relative measurement error $e = \frac{\Delta p}{p} = \frac{p_{UUC} - p}{p}$ over time

where the period needs to be specified

Note 1 to entry: Measurement errors to determine long-term instability of this gauge type are taken for nitrogen at a pressure of $p = (10 \pm 1)$ Pa (nitrogen) after a specified period. This quantity δ_t shall be a relative quantity and may be determined in two ways:

- a) as the relative standard deviation of measurement error e_i obtained from at least three calibrations each being separated by the specified period

$$\delta_t = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}$$

with n being the number of calibrations i , and

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i$$

- b) as the mean of absolute (non-negative) changes of measurement error Δp_i between recalibrations separated by the specified period

$$\delta_t = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |e_{i+1} - e_i|}{n-1}$$

and n as described above

Note 2 to entry: The formula in a) is recommended when the measurement error does not show a significant drift but random variations, and the formula in b) when the measurement error shows a systematic and monotonic drift.

Note 3 to entry: If the output signal of the gauge is not pressure (e.g. voltage or current), this signal shall be converted to pressure based on the manufacturer's specification, before the measurement error is calculated.

Note 4 to entry: Long term instability can be determined by recalibrations with a more accurate gauge or a primary standard. This often requires a transport which itself can lead to an instability of the calibrated value. For this reason, it is not reasonable to assume a linear relationship of instability with time (e.g. δ_t for a period of 2 years is not 2 times δ_t for a period of 1 year).

Note 5 to entry: If not specified otherwise, it is recommended to determine δ_t over a period of 1 year. This is usually a reasonable compromise between costs and influence of transport on the one hand and a possible drift and lowest possible measurement uncertainty on the other hand.

EXAMPLE If δ_t was determined to 6,5 % according to the formula in b), where the period of recalibration was 1 year, the report will be "delta_t = 6,5 % for a period of one year".

3.2.4 response time

τ

time that elapses when the Pirani gauge is exposed to a sudden pressure change of nitrogen between 1 kPa to 100 Pa (up or down to be specified), until the Pirani shows 90 % of the pressure change difference

Note 1 to entry: See [Figure 1](#).

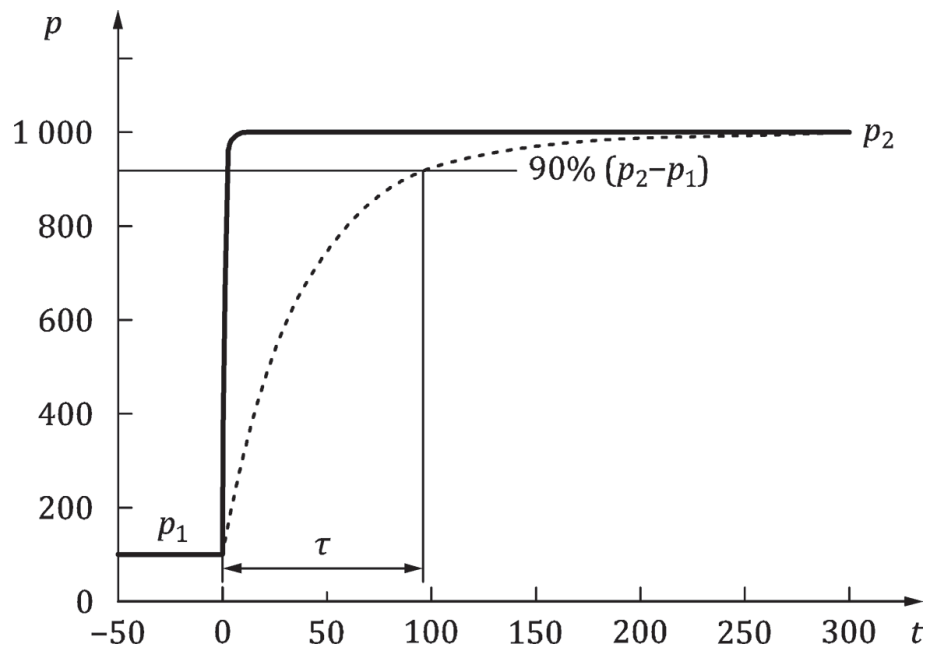


Figure 1 — Illustration to explain definition of response time τ

3.2.5 hysteresis

relative difference of indication of a Pirani gauge when exposed to the same pressure in a rising and decreasing sequence

4 Symbols and abbreviated terms

| Symbol | Designation | Unit |
|------------|---|-----------|
| e | Relative measurement error | 1 or in % |
| p | Pressure, traceable to SI | Pa |
| Δp | Measurement error (measured pressure p_{UUC} minus reference pressure p) | Pa |
| p_{UUC} | Measured pressure by unit under calibration (UUC) | Pa |
| δ_t | Long-term instability as defined in 3.2.3 | 1 or in % |
| τ | Response time | ms |
| UUC | Unit under calibration | |

5 Principle of Pirani gauge

The Pirani gauge is one type of a thermal conductivity vacuum gauge. In the Pirani gauge, gas molecules conduct heat away from a heated element to a surrounding wall that is usually at room temperature (see [Figure A.1](#)). In a certain pressure range, the heat taken away by the molecules is proportional to molecular density and hence pressure. The corresponding temperature change of the heated element, which is often a filament, causes a change in resistance. The resistance is part of a Wheatstone type bridge circuit that supplies the energy to the element and by which the electrical resistance or the dissipated power of the element is being measured. The bridge circuit may keep constant either the temperature of the heated element, or the heating power, or voltage or current. The linear measurement range is highest, when the temperature is kept constant. More detailed information is given in Reference [\[1\]](#).

The heat conductivity is strongly dependent on the gas species. It depends on the degrees of freedom of the molecule, its mass and the thermal accommodation coefficient of the molecule with the surface of the material of the heated element^[2]. Therefore, also the signal measured by the Pirani gauge is strongly gas dependent. The thermal accommodation coefficient is significantly affected by impurities on the surface, which makes the Pirani gauges sensitive to contamination by vacuum processes. Coverage of the heated element caused by such processes also changes the lower measurement limit and, due to the change of filament diameter, the sensitivity.

At higher pressures, in the viscous flow regime, the heat conductivity through the gas becomes pressure independent. The lighter the gas molecule, the lower the pressure this occurs. This limits the useful measuring range of the Pirani gauge. Convection is still causing some heat dissipation from the heated element, but the sensitivity of the Pirani gauge is very small in this regime.

The lower measurement limit and resolution of the Pirani gauge is determined by the heat conductivity to the mechanical support structure of the heated element and radiation. For this reason, ambient temperature changes do affect the sensitivity of the gauge significantly below 10^{-1} Pa.

The wall temperature of the gauge head may also be influenced by the heated elements itself. At higher pressures > 1 kPa, more heating power for the heated element is needed to keep the temperature constant than at lower pressures and, as a consequence, the surrounding wall is heated up. This again reduces the heating power and may cause hysteresis.

NOTE In recent years, another type of thermal conductivity gauge was commercialized. The heated element (filament) is not operated at a constant temperature, but is cyclically heated up to a defined temperature threshold by an increasing voltage ramp^[3]. The time to heat the element up to the threshold is pressure dependent. In terms of measurement uncertainties, this type of thermal conductivity gauge is similar as the Pirani gauge and this standard can be applied to these type of gauges as well.

6 Specifications for Pirani gauge

6.1 General

The following features and specifications are required, in order to enable users of the gauges to estimate the measurement uncertainty and/or to disseminate the pressure scale.

6.2 Measuring principle

It shall be specified how the heat dissipation in the gauge head is measured (continuously, pulsed, convection-enhanced).

6.3 Type of output

The type of output (analogue, digital) and the unit (or units) of indicated signal (e.g. voltage, current, pressure) shall be specified. If the indicated signal output is not given in pressure units, the conversion of the signal unit to pressure given in the manufacturer's manual shall be used.

6.4 Range of output and output display resolution

The range of output and the corresponding resolution for digital output shall be specified.

6.5 Measurement range and full scale

The measurement pressure range and full scale for nitrogen shall be specified. The measurement range generally depends on the measurement uncertainty. The measurement range for a given measurement uncertainty for nitrogen of a newly produced gauge shall be specified by the manufacturer. The measurement range is the range between minimum and maximum pressure where the reading of the gauge is within the defined measurement uncertainty limits. If the pressure range is not given in pascal, the value in pascal shall be given in addition.

6.6 Expected measurement uncertainty

The expected measurement uncertainty in the measurement range as given in [6.5](#) for the type of device as can be achieved by any individual device of this type shall be specified. It should be given as relative quantity of reading in %. It shall be specified how the gauge has to be adjusted to meet the measurement uncertainties. If an adjustment at a certain pressure has to be made, the gas species has to be specified.

NOTE The expected measurement uncertainty of type of device includes the measurement error. In the case of the Pirani gauge, this is mainly caused by the nonlinearity of the gauge.

The measurement uncertainty of an individual gauge is given by a calibration certificate (see [8.6](#)). The measurement uncertainty of an individual gauge may be significantly smaller than the expected measurement uncertainty for the same type of device, since it does not need to include the measurement error.

6.7 Material exposed to gas

The material of the gauge head exposed to operating gas shall be specified.

6.8 Connecting flange

The type and size of the flange of the gauge head shall be specified.

6.9 Interface and pin-connections

The protocol of communication with a computer shall be specified; The connector type and the function of the pin connections (pin-out) shall be specified.

6.10 Warm-up period

The warm-up period for optimum performance in the measurement range (the indication is within the measurement uncertainty limits within the measurement range) shall be specified.

6.11 Compatibility between gauge tube and controller

At least one type of controller compatible with the gauge head shall be specified. If no controller is recommended, the technical data of the controller for proper operation of the gauge need to be given.

6.12 Normal operating (environment) conditions

Temperature of the gauge head and/or of the operating gas and humidity range for reliable measurement of pressure shall be specified at which the gauge can be operated.

6.13 Electrical power supply

Necessary voltage (AC or DC), frequency and power and, if applicable, their stabilities (e.g. maximum ripple noise) shall be specified.

6.14 Cable length

The cable length between the gauge head and controller shall be specified.

NOTE A longer cable can be sensitive to electro-magnetic interference.

6.15 Maximum bake-out temperature

The maximum temperatures shall be specified respectively for the gauge head and cables. If the control unit or indicating unit is directly attached to the gauge head ("integrated" or "active" gauge), but can be removed, this shall be stated and the maximum bake-out temperature for both the gauge head only and gauge head with control unit attached shall be given.

6.16 Dimensions of gauge head and controller

The dimensions of the gauge head, controller and, if applicable, the dimensions of cut-out for panel mounted controllers should be specified in outline drawings in SI units. It may be expressed as width, depth and height ($w \cdot d \cdot h$). Other units can be used in addition.

6.17 Mounting orientation

Mounting orientation of the gauge (vertical, horizontal, arbitrary) should be specified.

NOTE The sensitivity (calibration results) may depend on the orientation.

7 Additional (optional) specifications for Pirani gauge

7.1 Long-term instability

Long-term instability shall be expressed in relative units for a specified period (e.g. 1 month, 1 year). For such measurements, pure gases at stable or repeatable pressures shall be used and the gauge be operated under its normal conditions. Typical values may be given.

7.2 Relative sensitivity factor

The relative sensitivity factors may be given in a table or graph (if dependent on pressure) for various gas species.

7.3 Hysteresis

The hysteresis as defined in [8.7](#) may be specified.

7.4 Response time

The response time as defined in [8.8](#) may be specified.

7.5 Inspection record and calibration certificate

A document of an inspection record that shows proper function of the instrument (readings and true pressures at the limits of the measurement range for nitrogen) may be supplied with the gauge. If a calibration certificate is available, it shall contain information on how it is traceable to a national standard concerning vacuum.

7.6 Configuration

The configuration (active, passive) may be specified.

7.7 Weight

Weight of the gauge (e.g. sensor, controller, cable) should be specified.

7.8 Storage and transport condition

Conditions of storage and transportation should be specified to avoid damage and harm to the gauge, e.g. gas environment, cleanliness, temperature, relative humidity, vibration, shock, etc.

7.9 Photographs

For a clear outlook and details, a photograph or drawing of the upright gauge tube and the front and back panels (connector side) of the gauge controller is recommended.

7.10 Maximum power consumption

Maximum power consumption of the gauge head with one of the recommended controllers near atmospheric pressure should be specified. If the gauge head is stand alone ("active gauge"), the maximum power consumption for this should be given.

7.11 Set point of pressure

It should be specified, whether external control set points are available.

8 Calibration and other measurement procedures

8.1 General

If the calibration is performed by direct comparison with a reference gauge, ISO 3567 applies. In the following subclauses, details for Pirani gauges are given with reference to ISO 3567, if applicable.

If in rare cases the calibration is performed by a primary standard, the user shall apply the following procedures correspondingly.

8.2 Conditions for calibrations

It is recommended that the complete measurement chain—gauge head, cable and indicating unit—is calibrated. If this is not the case, the calibrating laboratory shall ensure that all necessary equipment used for recording the output (e.g. a digital voltmeter) is calibrated according to ISO/IEC 17025.

For example, if an active gauge requires a voltmeter to read the output, and the client does not provide the voltmeter, the calibration laboratory shall provide a calibrated voltmeter. In this case, the client needs to be aware that the calibration values are only valid if the client uses calibrated equipment at their site.

The calibration item shall be suitable for calibration, i.e. the state of the calibration item at the time of calibration should comply with the generally accepted rules of technology as well as with the particular specifications of the manufacturer's documentation. This is to be ascertained by external inspections and functional tests.

The inspection shall include:

- visual inspection for contamination (surface coverage) and cleanliness inside of the head;
- visual inspection for damage (pointer, inscriptions, readability of indications, sealing surface);
- check whether documents necessary for calibration (technical data, operating instructions) are available.

It is recommended to require a declaration by the user that the gauge is not contaminated by toxic, corrosive, explosive, radioactive, microbiological or other harmful substances.

If the calibrating laboratory decides that a cleaning procedure needs to be performed before a calibration, the client needs to be informed or the device is returned. In many cases, however, the best option may be to replace the gauge head with a new unit, which is then calibrated.

Functional tests shall include:

- leak tightness of calibration item;
- operational function (e.g. off/on, adjustability of zero point);
- adjusting elements of controller in the defined positions.

The stability of the indication and the reproducibility in particular are important criteria for the status of the vacuum gauge. Residues of air humidity and other residues, e.g. of process substances shall be removed from the gauge head of the calibration item. This is achieved by evacuation, possibly assisted by a bake out.

8.3 Assembly and adjustments of calibration item

The gauge should be mounted in the orientation as recommended by the manufacturer or as agreed with the customer. It is recommended to mark the upwards direction during calibration on the gauge by a sticker.

For convection-enhanced Pirani gauges, often a horizontal orientation of the heated wire is required to work properly at higher pressures.

Before any adjustment and calibration, the gauge shall be in a stable temperature condition. After evacuation and switching on, a warm-up time according to the manufacturer's specifications should be considered. Unless otherwise specified by the manufacturer, a stabilization time of 30 min is recommended.

It is customary to make adjustments at full scale and zero of the gauge before a calibration.

Some clients may need the calibration data before any adjustment, e.g. because they are unable to make the same adjustments on site. According to ISO/IEC 17025, this is to be reviewed with the client before the adjustment is made.

The calibration gas species shall be recorded. All Pirani settings should be confirmed with the customer including the measuring channel, heating, output signal configuration.

8.4 Calibration

It is recommended to use as reference gauge one or several capacitance diaphragm gauges or vacuum gauges with similar or better accuracy covering the whole measurement range for calibration (see ISO 3567:2011, 6.6 and B.10).

Due to the poor linearity of the Pirani gauge, calibration by a primary standard is normally not worth the effort.

The reading of the Pirani gauges is strongly dependent on gas species. Therefore, it is recommended that the client requires a calibration with that gas species which is prevailing in the vacuum system when the gauge is in use, provided that this gas species can be handled by the calibration laboratory. If nothing else is specified, the calibration test gas is nitrogen (see ISO 3567:2011, 6.4 and B.2).

8.5 Measurement uncertainties during calibration

ISO 27893 applies. The individual uncertainty components depend on the specific design of the Pirani gauge.

The following list gives an overview of contributions related to the Pirani gauge to the uncertainty during calibration:

- resolution of signal output;
- short term instability (repeatability);
- zero drift;
- full-scale drift;
- change of ambient temperature.

8.6 Calibration certificate

ISO/IEC 17025 and ISO 3567 apply (see ISO 3567:2011, Clause 8).

In addition to the points given in ISO 3567 to be mentioned in the certificate, the adjustment procedure before the calibration needs to be described, in particular which gas species was used for the adjustment near 100 kPa.

If the output signal of the Pirani gauge is not pressure, the mathematical model given by the manufacturer by which the output signal (e.g. voltage, current) is converted to pressure should be repeated in the certificate.

In the special case of Pirani gauges, the measurement uncertainties in the calibration certificate can be rather small and can appear to a non-experienced user that it is a very accurate instrument. At later use, however, significant additional uncertainties much greater than those given in the certificate may apply. For this reason, it is strongly recommended to add the following sentence in the certificate:

“In the special case of Pirani gauges, the measurement uncertainties in the calibration certificate can be rather small and it may seem to a non-experienced user to be a very accurate instrument. On further use, however, significant, additional uncertainties may arise. Particularly large sources of uncertainty

include: use of a different gas (even when corrected for known gas species), exposure to corrosive or non-inert gas species, use of interpolated values (not given in this certificate, i.e. non-linearity), use at different ambient temperature, long-term instability, contamination, and thermal relaxation at higher pressures.”

NOTE Often, the Pirani inhibits a significant measuring error which depends on pressure. The uncertainty given in the certificate applies after prior correction for this error.

8.7 Measurement procedure for hysteresis

If hysteresis is to be determined, a reference gauge or standard with insignificant hysteresis effect needs to be used. Hysteresis measurement shall be done in the following manner:

- a) pump to high vacuum of at least 1 mPa, take readings in increasing sequence at 1 Pa, 10 Pa, 100 Pa and 1 000 Pa for nitrogen;
- b) expose gauge to 80 kPa, wait 5 min;
- c) take readings in downwards direction at 1 000 Pa, 100 Pa, 10 Pa, 1 Pa;
- d) pump to high vacuum of at least 1 mPa.

Both directions should be passed through as fast as possible, but a stable reading within the resolution limit shall be achieved for each target pressure. The mean of three cycles should be determined.

8.8 Measurement procedure of response time

If response time needs to be characterized, it shall be measured with nitrogen as test gas in the following manner.

Downward step change: After installation on a suitable vacuum system and warm-up time, expose the gauge to a pressure of 1 kPa. Reduce the pressure to 100 Pa by expansion into a suitable vacuum chamber within 10 ms or less by opening a fast valve.

Upwards step change: After installation on a suitable vacuum system and warm-up time, expose the gauge to a pressure of 100 Pa. Increase the pressure to 1 kPa by expansion from a suitable reservoir within 10 ms or less by opening a fast valve.

All the mentioned pressures are nominal and should be met within $\pm 20\%$ of their nominal values.

NOTE 1 The pressure steps can be realized by means of accordingly sized and prefilled volumes with a fast opening valve in between. For a downwards step, an expansion from a small volume into a 9-times-larger, evacuated volume is possible. The same pressure step can also be realized by expansion into a 99-times-larger volume, but prefilled with 91 Pa. For an upwards step, the small volume is filled with 100 Pa and a 9-times-larger reservoir volume is filled with 1 100 Pa.

Suitable valves with sufficiently high conductance and fast opening times are needed for the expansion.

NOTE 2 If the electronics of the controller recording the gauge output are slow compared to the pressure step of 10 ms, the electronics will dominate the response time, and not the physical measurement principle.

9 Measurement uncertainties at use

Some measurement uncertainties may not be important during a calibration, but play a role at later use, e.g. when used as reference gauge.

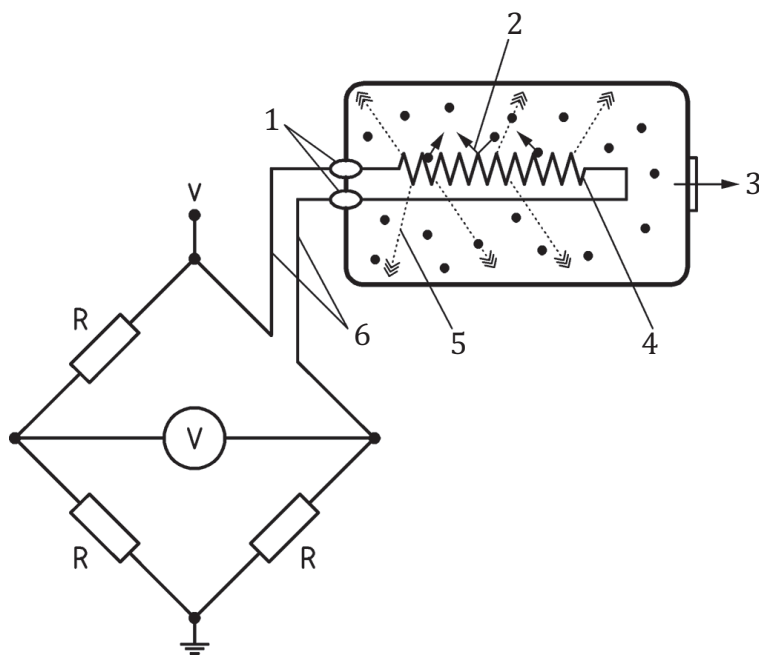
The following list gives an overview of contributions to the uncertainty in addition to those listed in [8.5](#):

- long-term instability;
- nonlinearity;

- different ambient temperature than during calibration;
- drift of ambient temperature;
- cleanliness of gas where gauge is exposed to and generally gas composition;
- contamination and wear of heated element;
- hysteresis.

Annex A (informative)

Typical Pirani gauge



Key

- 1 insulator
- 2 thermal conductivity through gases
- 3 vacuum
- 4 filament
- 5 heat loss by radiation
- 6 thermal conductivity through wires

Figure A.1 — Typical Pirani gauge

Bibliography

- [1] Handbook of Vacuum technology. K. JOUSTEN. Chapter 13.5. Wiley-VCH, Weinheim, 2008
- [2] JOUSTEN. K. On the gas species dependence of Pirani vacuum gauges. *J. Vac. Sci. Technol. A.* 2008, **26** (3) pp. 352–359
- [3] W. JITSCHIN AND S. LUDWIG. Pulsed hot filament vacuum gauge with Pirani sensor (Article in German). *Vakuum in Forschung und Praxis (VIP)* 2004, **16** pp. 23–29
- [4] ELLEFSON R.E. et al. Recommended practice for calibrating vacuum gauges of the thermal conductivity type. *JVST A.* 2000, **18** (5) pp. 2568–2577
- [5] JOUSTEN. K. Temperature corrections for the calibration of vacuum gauges. *Vacuum.* 1998, **49** pp. 81–87
- [6] *Total Pressure Measurements in Vacuum Technology*, A. Berman. Chapter 4.3. Academic Press, 1985
- [7] *Total and Partial Pressure Measurements in Vacuum Systems*, JH Leck. Chapter 2. Springer, 1989

UDC 531.788.7

Z 8752

JIS

熱陰極及び冷陰極電離真空計による 圧力測定方法

JIS Z 8752-1989

(1994 確認)

平成元年3月1日 改正

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

主務大臣：通商産業大臣 制定：昭和36.12.1 改正：平成元.3.1

官報公示：平成元.3.3

原案作成協力者：日本真空協会

審議部会：日本工業標準調査会 基本部会（部会長 服部 晋）

この規格についての意見又は質問は、工業技術院標準部材料規格課（〒100 東京都千代田区霞が関1丁目3-1）へ連絡してください。

なお、日本工業規格は、工業標準化法第15条の規定によって、少なくとも5年を経過する日までに日本工業標準調査会の審議に付され、速やかに、確認、改正又は廃止されます。

熱陰極及び冷陰極電離真空計による Z 8752-1989 圧力測定方法

Measuring Methods of Low Pressures by Hot Cathode and Cold Cathode Ionization Gauges

1. 適用範囲 この規格は、熱陰極及び冷陰極電離真空計（以下、真空計という。）を用いて圧力を測定する場合の一般的方法について規定する。
2. 用語の意味 この規格で用いる主な用語の意味は、JIS Z 8126 [真空用語 (基礎)], JIS Z 8127 [真空用語 (真空ポンプ及び関連用語)] 及び JIS Z 8128 [真空用語 (真空計及び関連用語)] によるほか、次による。
 - (1) 外 囲 器 測定子の一部で、電極を收容する容器。
 - (2) 真空システム 圧力を測定する対象となる真空装置。
 - (3) 制御計測部 測定子を動作させる電源と、電流などを測定して圧力を表示する機能とを併せもった測定器。
3. 測定原理 気体分子を電離して生じるイオン電流又は放電電流が圧力に依存することを利用して、圧力を電氣的に測定する。
4. 真空計の種類及び構成

4.1 真空計の種類及びその測定圧力範囲 真空計には、熱陰極電離真空計及び冷陰極電離真空計があり、それぞれは測定子と制御計測部とから構成される。表に主な真空計の種類及びその主な測定圧力範囲を示す。

表 真空計の種類及びその測定圧力範囲

| | | 単位 Pa |
|----------|--------|------------------------|
| 真空計の種類 | | 測定圧力範囲 |
| 熱陰極電離真空計 | 三極管形 | $10^{-1} \sim 10^{-5}$ |
| | B-A | $10^{-1} \sim 10^{-8}$ |
| | 中真空用 | $10 \sim 10^{-3}$ |
| 冷陰極電離真空計 | ベニング | $1 \sim 10^{-4}$ |
| | マグネトロン | $10^{-1} \sim 10^{-8}$ |

4.2 熱陰極電離真空計 熱陰極電離真空計の測定子の構成及び測定原理は、次による。

- (1) 測定子の構成 測定子は、熱電子を放射する熱陰極、この電子を加速して捕える集電子電極及び生成したイオンを捕える集イオン電極とから成る。
 なお、測定子には、外囲器を備えた通常の測定子と外囲器がなく電極をフランジに直接取り付け付けた裸真空計とがある。
- (2) 測定原理 加速された電子は、気体分子に衝突して、それを電離する。定まった条件の下では、単位時間に生成されるイオンの数は、電子電流の大きさと気体の密度とに比例するので、この生成イオンを集めた

引用規格：JIS Z 8126 真空用語 (基礎)

JIS Z 8127 真空用語 (真空ポンプ及び関連用語)

JIS Z 8128 真空用語 (真空計及び関連用語)

JIS Z 8750 真空計校正方法

イオン電流から圧力を測定する。この関係を式(1)に示す。

$$p = \frac{1}{S} \cdot \frac{I_i}{I_e} \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 p : 圧力 (Pa)

I_i : イオン電流 (A)

I_e : 電子電流 (A)

S : 電離真空計係数 (Pa^{-1})

備考 電離真空計係数は、気体の種類、電極の構造及び動作条件によって異なる。

4.3 冷陰極電離真空計 冷陰極電離真空計の測定子の構成及び測定原理は、次による。

(1) 測定子の構成 測定子は、放電用の電極と放電を持続させる磁石とから成る。

(2) 測定原理 磁界内に置かれた電極間で放電を起こさせる。定まった条件の下では、その放電電流は気体の密度とほぼ比例関係にあるので、この放電電流から圧力を測定する。この関係を式(2)に示す。

$$p = \frac{I_d}{s} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 I_d : 放電電流 (A)

s : 感度係数 ($\text{A} \cdot \text{Pa}^{-1}$)

備考 感度係数は、気体の種類、電極の構造、磁界の強さ及び動作条件によって異なる。

5. 測定方法

5.1 測定子の接続 一般に、真空システムは位置によって圧力が異なるので、測定子は測定したい位置の近くに取り付け必要がある。接続方法によって圧力指示値が異なることがあるので、次の事項に注意して測定する。

(1) 測定子の導管の開口面は、導管の軸に直角にする。

(2) 測定子の導管又は測定子の取付部は、図1~3に示すように測定位置の側壁に対して直角に取り付ける。開口面は、原則として真空システムの壁面と合わせる。

また、真空システム内に流れがある場合には、導管の開口面は、流れの方向に対して直角にすることが望ましい。

図1 Oリングを用いた接続方法の例

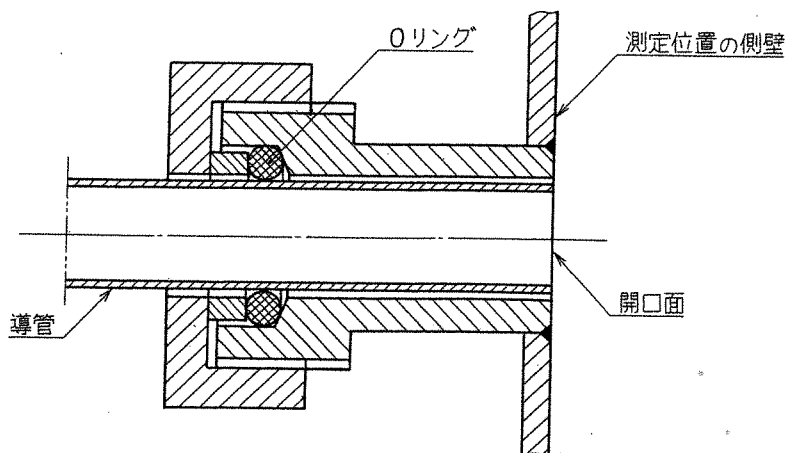


図 2 コバール接続を用いた接続方法の例

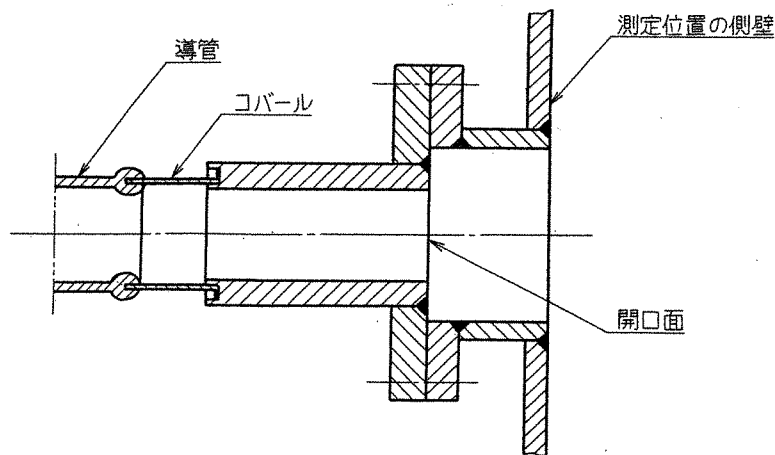
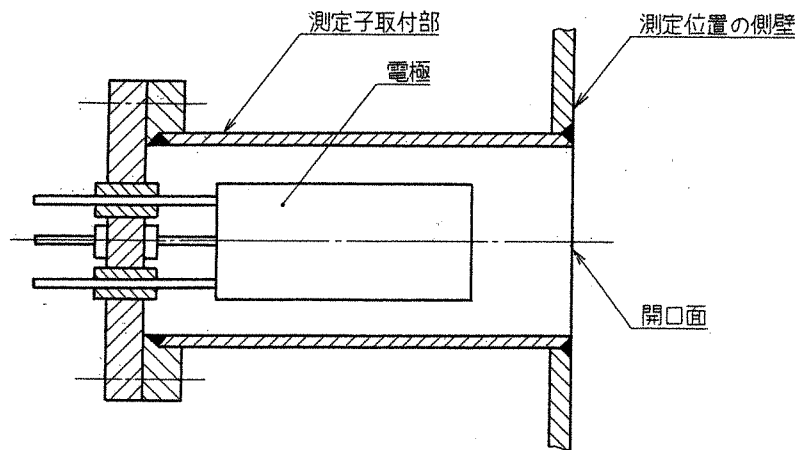


図 3 裸真空計の接続例



- (3) 導管及び測定子取付部の径と長さは、原則として校正に用いたものと同じとする。
- (4) 測定子を取り付けるために用いるガスケットなどには、気体放出が少なく、測定子の脱ガスときの温度上昇にも耐えるものを用いなければならない。途中でゴム管及び内部の汚れた導管を用いてはならない。グリースなどの気体放出が多い材料は用いない。

また、超高真空領域で圧力を測定するときには、コバール接続又は裸真空計を用いたほうがよい。

5.2 測定操作

5.2.1 熱陰極電離真空計 10^{-3} Pa 以上の圧力を測定しようとするときには、一般に熱陰極の点火後5分以上を経過した後の読みを測定値とする。

10^{-3} Pa 未満の圧力を測定しようとするときには、電子衝撃や直接通電によって電極及び外圍器の脱ガスをして、指示が安定するのを待って測定する。その後の測定は、このまま連続点火の状態で行うことが望ましい。測定子が汚染されていない場合には真空計を連続点火させて、指示が安定したときの値を測定値とする。

5.2.2 冷陰極電離真空計 真空計が動作開始の後、指示が安定したときの値を測定値とする。

5.3 測定条件 真空計は、定められた動作状態で校正しておく。動作条件及び環境によって指示が変化するので、次の点に注意して測定する。

- (1) 電子電流、電極電圧、磁界の強さ、磁極と電極との相互位置などは、真空計の感度に著しい影響を及ぼすので、校正のときに定められた条件を守る。

- (2) 測定子の雰囲気温度は、校正時と同じとする。
- (3) 測定子が強い電界や磁界、又は強い放射線の照射を受けるおそれがある場合は、これらの影響を少なくするため、測定子に遮へいなどの対策を行う。
- (4) 真空システム内に電子又はイオンの強い発生源があるときは、これらの影響を少なくするため、測定子に遮へいなどの対策を行う。
- (5) 測定子の外囲器が強い風及び熱放射を直接受けないようにする。
- (6) 測定したい箇所が著しく高温又は低温の場合には、必要に応じて熱遷移に対する補正ができるように温度を記録しておく。

参考 圧力変化が速い場合には、その気体の吸着・脱離のため指示に遅れを生じ、正しい圧力を示さないことがある。

6. 検査及び校正

6.1 検査及び校正の時期 真空計は、定期的に検査を行い、必要に応じて校正を行う。ただし、測定子が汚染されたおそれがある場合、機械的衝撃などによって電極又は磁極に変形などが生じたと思われる場合、特に精度がよい測定を行う場合などには、検査及び校正を行う。

6.2 検査項目及び検査方法 検査項目及び検査方法は、次によって測定子及び制御計測部が校正時の条件を満足していることを確かめる。

- (1) 測定子の汚れ及び電極・磁極の変形 測定子の汚れ及び測定子の電極・磁極の変形及びそれらの相対位置の変化は、目視可能な場合は目視で調べる。
- (2) 測定子の電氣的導通及び絶縁 フィラメントの導通及び動作温度における電極間の絶縁を調べる。
- (3) 磁石の磁界 磁界の向き及び磁極の中心又は所定の位置における磁界の強さを調べる。
- (4) 測定子の真空漏れ 測定子を動作状態にし、試験ガスを用いて真空漏れ試験を行う。
- (5) 制御計測部の電氣的条件 測定子を動作状態にし、制御計測部の電氣的条件が校正時と同じであることを調べる。

6.3 校正 真空計の校正は、JIS Z 8750 (真空計校正方法) による方法によって行う。

7. 測定値の表示 真空計の感度は、気体の種類によって異なるので、気体の種類及び組成が明らかであるときにはその補正を行う。気体の種類及び組成が不明なときには、窒素相当圧で表示する。

備考 気体の種類及び組成が明らかであるときの補正方法を式(3)に示す。

$$S = S_0 (x_1 r_1 + x_2 r_2 + \dots + x_i r_i) \dots \dots \dots (3)$$

ここに、S：電離真空計係数 (Pa⁻¹) [又は感度係数 (A·Pa⁻¹)]

S₀：窒素の電離真空計係数 (Pa⁻¹) [又は感度係数 (A·Pa⁻¹)]

x_i：気体の組成比

r_i：気体の窒素に対する比感度係数

参考 一般に真空計は、窒素で校正されている。

熱陰極及び冷陰極電離真空計による 圧力測定方法 解説

1. 改正の目的及び経緯 この規格は、JIS Z 8750 (真空計校正方法)、JIS Z 8751 (液柱差を使う真空計による真空度測定方法)、及び JIS Z 8753 (熱伝導真空計による圧力測定方法) と共に真空計測に関する規格群の一環を成すもので、昭和 36 年 12 月の制定に当たっては、不適當な測定方法による測定値の混乱を除くため、統一的な測定方法の確立に主眼を置き、最新の研究成果を取り入れるように力を注いだ。その後、超高真空技術の発展は目覚ましく、これに対応する改正が昭和 41 年 3 月に、また、国際単位系採用に伴う移行措置として国際単位系による数値を { } 書きで併記するための改正が昭和 51 年 3 月に行われた。

昭和 41 年 3 月以降、実質的な規定内容についての改正がされていないが、改正当時において、この規格が対象とする真空計はなお発展段階にあり、一義的に規定できない面があるなど規定上あいまいにせざるを得ない部分のあることが認識されており、将来の課題とされていた。

一方、現在に至るこの間の国内における半導体工業の隆盛などに関連した真空機器産業の著しい発展とあいまって真空計測技術も進歩・発展を遂げ、これに対応して真空計測機器類の性能向上や多様化、合理化が促進され、測定方法についての現行の規定内容が実情にそぐわないとする面が多く見受けられるようになった。

なお、ISO 国際規格の動向については、この規格に関連のあるものとして、現在 DP 3568 Ionization vacuum gauge - Calibration by direct comparison with a reference gauge、DP 5299 Vacuum technology - Calibration of ionization gauges、の 2 件があるが、いずれも国際規格案 (DIS) の前の原案 (DP) の段階にある。

ISO 規格に制定された時点でこれとの整合を図りつつ、かつまた、最近の技術進歩に対応したより新しい国内の真空計測にかかわる標準体系が確立された段階で抜本的な改正を行うとする考え方もあったが、ISO 国際規格については、これを取り扱う ISO/TC 112 (真空技術)、SC 2 (低圧力測定及び真空計の校正) の幹事国が現在空席であり、当面、ISO 規格制定の作業見通しが得られないこと、また、後者においては、その実現に更に若干の歳月を必要とすることなどの理由で、今回は現行規格の枠内での改正になった。

また、この規格と共に JIS Z 8753 の改正も行われたが、改正に当たっては理念を共通にし、規格相互の整合にも十分留意した。

改正の作業については、昭和 62 年度に工業技術院が日本規格協会を經由してこの規格の改正原案の作成を日本真空協会に委託し、同協会内に改正原案作成委員会を組織して 3 回の本委員会と 5 回の分科会などを経て規格改正原案を得た。この原案は、昭和 63 年 11 月 9 日に開催の日本工業標準調査会基本部会で審議議決されて平成元年 3 月 1 日改正の運びとなった。

2. 名称 この規格の従来の名称は“放電及び電離を使う真空計による真空度測定方法”であったが、今回 JIS Z 8753 と共に改正した。

3. 適用範囲 この規格は、熱陰極電離真空計及び冷陰極電離真空計を対象としている。ガイスラ管は、定性的な圧力のインディケータであって真空計とはみなされないとの考えから、この規格の適用範囲外とした。

また、旧規格に含まれていた放射能電離真空計は、現在市販されていないためこの規格の対象から外した。最近、超高真空計として B-A 真空計以外にも種々の構造のものが研究されているが、それらはまだ一般的ではないので、本体では触れないことにした。残留ガス分析計についても、その原理や使用法に種々のものがあるため、この規格から除外した。

4. 真空計の種類と特徴

4.1 熱陰極電離真空計 三極管型電離真空計は、中心に配置された熱陰極と、これを取り囲む同心円筒グリッド状の集電子電極及びその外側に設けられた同心円筒板状の集イオン電極から成る。B-A真空計は、中心に配置された細い線状の集イオン電極、これを取り囲む同心円筒グリッド状の集電子電極及びその外側に設けられた熱陰極から成る。代表的な中真空用電離真空計であるシュルツ真空計は、対向する板状の集電子電極と集イオン電極及びそれらの間に配置された熱陰極から成る。

熱陰極電離真空計は、高真空において他の真空計に比べ測定の精度が高い。しかし、気体の種類によって電離真空計係数 S が異なるので注意を要する。この真空計の問題点は、圧力の高い領域と低い領域で圧力とイオン電流との比例関係が失われることである。高圧側での比例関係を改善したものが中真空用電離真空計であり、低圧側での比例関係を改善したものがB-A真空計である。

4.2 軟X線効果 熱陰極電離真空計の低圧側の測定限界は、主として軟X線効果によって決まる。軟X線効果というのは、熱陰極から出た電子が加速されて集電子電極に衝突するときに発生する軟X線が集イオン電極に当たるとそこから光電子が発生するが、この光電子発生に伴って圧力に無関係にほぼ一定の電流が回路に流れる現象をいう。この光電子電流はイオン電流と区別できないため、低圧での測定が不可能になる。光電子電流は、真空計の電極の寸法や電極電圧によって変化するが、通常の三極管型電離真空計の場合およそ 2×10^{-6} Paの圧力に相当する。

なお、光電子電流は、熱陰極と集電子電極の間に印加された電圧のおよそ1.5乗に比例することが知られている。

4.3 B-A真空計とその改良型 B-A真空計は、三極管型電離真空計に比べて集イオン電極の面積が著しく小さい。このため、集電子電極から集イオン電極を望む立体角はおよそ $\frac{1}{500}$ に減少し、軟X線効果が少なくなる。B-A真空計における光電子電流はおよそ 5×10^{-9} Paの圧力に相当する。

真空システムの圧力変化に対する応答を速くするため、電極を直接フランジに取り付けた裸真空計がある。超高真空における測定では、熱陰極による気体分子の解離、電極からの気体放出、電極や外囲器における排気作用などが測定値に大きな影響を及ぼすので、一般に導管をもたない裸真空計の方が適している。

通常のB-A真空計よりも低い圧力が測定できる真空計に、モジュレータ真空計とエキストラクタ真空計がある。モジュレータ真空計は、B-A真空計の集電子電極の内側に集イオン電極とは別に補助電極を設け、補助電極の電位を変化させたときのイオン電流の変化量を測ることによって軟X線による電流を差し引くようにすることができるようにした真空計である。この真空計の測定範囲の下限は、B-A真空計のそれよりも1けた以上低く、現在のところ 5×10^{-10} Paの程度である。エキストラクタ真空計は、集イオン電極に遮へい板を設け、集電子電極で発生した軟X線が集イオン電極に入りにくい構造にしたもので、測定範囲の下限は 1×10^{-10} Paの程度である。

なお、これらの真空計の測定範囲の下限は、しばしば測定子自身からの気体放出に支配されることがある。

4.4 冷陰極電離真空計 冷陰極電離真空計は、磁界を利用して低圧でも放電が持続するようにした放電管を利用している。この真空計では、 10^{-2} Pa以下の圧力で、圧力 p と放電電流 I_a との間に

$$I_a \propto p^n \quad (1.1 < n < 1.4)$$

のような関係があることが知られている。したがって、感度係数 s は圧力に依存する。

ペニング真空計では、 10^{-1} Paより高い圧力で放電電流が飽和傾向になる。あらかじめ校正を行っておけば1 Pa程度まで測定できるが、これより高い圧力では放電電流が逆に減少するので、測定に際しては指針の振れが圧力増加と共に増大することを確かめる必要がある。ペニング真空計の問題点は、低圧において放電が不安定になることである。 10^{-3} Pa以下の圧力では放電が開始しないことや、測定中に放電が断続することがある。

マグネトロン真空計では、電極構造などの改良によって低圧での放電の安定性を改善し、測定範囲の下限を低くしている。

冷陰極電離真空計は、比較的大きな排気作用をもつほか、履歴現象を呈することがあり、一般に測定精度は熱陰極電離真空計のそれに比べて低い。

4.5 測定圧力範囲 規格本体では、表にそれぞれの真空計についてのおおよその測定圧力範囲が示されているが、同じ種類に属する真空計でも、電極構造や動作条件によって測定範囲が異なるので、厳密に規定することはできなかった。

5. 感度係数, 電離真空計係数, 比感度係数について JIS Z 8128 [真空用語 (真空計及び関連用語)] において、真空計の感度係数は、その真空計に指示された読みの変化を相当する圧力変化で割ったものと定義している。冷陰極電離真空計の場合には、定まった条件の下で放電電流が圧力にほぼ比例するので、感度係数 s は $A \cdot Pa^{-1}$ の単位で表示する。

熱陰極電離真空計では、イオン電流が電子電流に比例するので、イオン電流を電子電流と圧力の積で除したものを電離真空計係数 S と定義して Pa^{-1} の単位で表す (JIS Z 8128 参照)。

電離真空計の感度係数は気体の種類によって異なるので、真空計のある気体に対する感度係数とその真空計の同一動作条件下における同一圧力の窒素に対する感度係数との比を比感度係数と呼ぶ (JIS Z 8128 参照)。熱陰極電離真空計の各種気体に対する比感度係数の例を解説表に示す。比感度係数は、真空計の種類によっても異なるほか、同じ真空計でも電極電圧などの動作条件によって変化するので、厳密には個々の真空計について使用する動作条件下での値を求めておく必要がある。

解説表 熱陰極電離真空計の各種気体に対する比感度係数の例

| 真空計の種類 | 動作条件 | 比感度係数 | | | | | 文献 |
|----------------|---------------------------|-------|-------|------|------|------|----|
| | | 窒素 | 酸素 | 水素 | ヘリウム | アルゴン | |
| 三極管型 | $V_g=150 V$ $V_f=25 V$ | 1.00 | 0.77 | 0.43 | 0.14 | 1.31 | 1) |
| B-A | $V_g=195 V$ $V_f=45 V$ | 1.00 | 0.85 | 0.44 | 0.20 | 1.21 | 2) |
| 中真空用 (シュルツ) | $V_g=120 V$ $V_f=60 V$ | 1.00 | 0.67* | 0.53 | 0.15 | — | 3) |

備考 V_g 及び V_f は集イオン電極を 0V としたときの集電子電極及び熱陰極の電圧

6. 測定子の接続について 旧規格では、ゲージポート使用の場合とコバル接続使用の場合について図示されており、測定しようとする圧力が低いときにはいずれも導管の開口面を真空システム内に突き出すように取り付けることを推奨している。現在の真空技術においては、真空用材料が改良され、ガス出しの技術も広く普及していることから、このことは必ずしも重要でない。一方、真空システム内に気体の流れがある場合には、導管の開口面を内側に突き出すことによって気体の流れを乱すおそれがある。以上のことを考慮して、この規格では、導管の開口面を真空システム内に突き出さず、原則として真空システムの内壁面と一致させることとした。

超高真空領域の測定に裸真空計を用いることが現在では一般的である。このため、新たに裸真空計の取付方法を規格本体に加えた。裸真空計であっても、測定子取付部が熱陰極によって加熱されて気体放出の影響が出たり、電極と取付部との位置関係によっては空間の電位こう配が変化して指示値が変わることがある。このようなことを避けるために、測定子取付部の形状などを校正時と同じにすることが重要である。

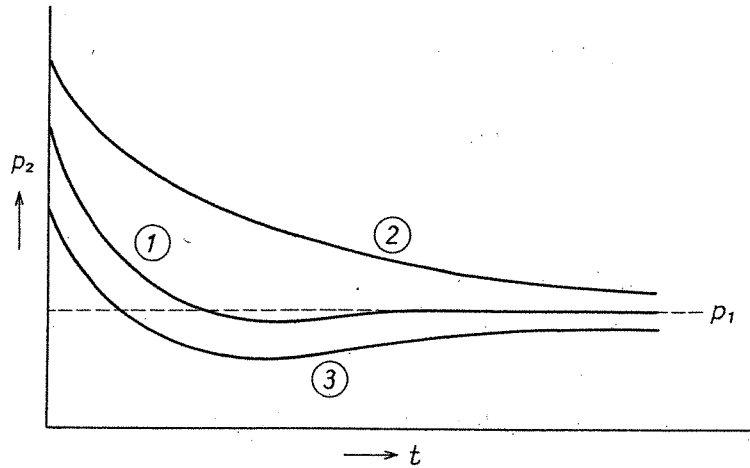
7. 脱ガス後の指示の変化 一般に、測定しようとする真空システムの圧力を p_1 、真空計の読みを p_2 、測定子から毎秒放出される気体の量を Q 、測定子と真空システムをつなぐ導管のコンダクタンスを C とすると、ほぼ定常状態になったときに、次の関係が成り立つ。

$$p_2 = Q/C + p_1$$

$p_1 \gg Q/C$ でないときは、真空計自体からの気体放出によって測定誤差を生じる。このため、測定する圧力が低いときや精度のよい測定を行うときには測定子や導管をよく脱ガスし、 Q を十分に小さくする必要がある。一方、脱ガス処理を過度に行うと、測定子が排気作用をもつようになる。解説図に、①脱ガスが適度な場合、②不十分な場合及

び③過度な場合の脱ガス後の真空計の時間的変化を示す。

解説図 気体放出及び排気作用による真空計の指示の変化



ここで、時間的変化の速さは、電極などにおける気体放出と、吸着などによる排気作用と、導管のコンダクタンスによって決まる。裸真空計を用いると、 C が十分大きくとれるので、上述のような問題が少なくなる。

測定する圧力が比較的高いときは、通常 $p_1 \gg Q/C$ となるので、測定子の脱ガスをそれほど厳密に行わなくても真空計は正しい値を示すとみてよい。

8. 真空計と真空システムとの間に温度差がある時の測定値の補正 真空システムと真空計とが導管で連結されているとき、真空システムと真空計の内部の分子密度及び分子の平均速度をそれぞれ $n_s, n_G; \bar{v}_s, \bar{v}_G$ とすると、平衡状態では次式の関係が成り立っている。

$$n_s \bar{v}_s = n_G \bar{v}_G$$

一方、圧力を p としたとき、 $\bar{v} \propto \sqrt{T}$ 、 $n \propto \frac{p}{T}$ の関係があるから、真空システムと真空計の温度及び圧力をそれぞれ $T_s, T_G; p_s, p_G$ とすると、次の式(1)、(2)、(2')が導かれる。

$$n_s \sqrt{T_s} = n_G \sqrt{T_G} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{p_s}{\sqrt{T_s}} = \frac{p_G}{\sqrt{T_G}} \dots\dots\dots (2)$$

$$p_s = \sqrt{\frac{T_s}{T_G}} \cdot p_G \dots\dots\dots (2')$$

式(2')のように、温度差が原因となって起きる圧力の不一致などの現象を熱遷移という。これは導管の内径 D に比べ気体分子の平均自由行程が十分長いときにみられる現象で、長さを m 、圧力を Pa で表したとき、 $pD < 10^{-3}$ の場合に熱遷移による補正が必要になる。 $pD > 10^{-1}$ のときには、温度が気体分子の平均自由行程に比べて十分長い範囲にわたって変化しているため、 $p_s = p_G$ となり、補正を必要としない。 $10^{-3} \leq pD \leq 10^{-1}$ のときにはこれらの中間の値を採る。

ところで、熱陰極電離真空計を用いて熱遷移が問題になる場合の測定を行うときに、どのような補正をしたらよいかを考えてみる。このとき、熱陰極電離真空計では分子密度に比例するイオン電流値を読んでいることに留意する必要がある。真空計内の圧力 p_G 、分子密度 n_G 、温度 T_G の間には $p_G \propto n_G T_G$ の関係があるから、真空計の指示を I_G とすると、 I_G は n_G に比例するので、

$$p_G = T_G K I_G \dots\dots\dots (3)$$

の関係が導かれる。ここで、 K は比例定数である。

いま、校正時の真空システムと真空計の温度及び圧力をそれぞれ $T_{s0}, T_{G0}; p_s, p_G$ 、真空計の指示を I_G とすると、式(2')及び式(3)から、次式が求められる。

$$p_s = \sqrt{\frac{T_{s0}}{T_{g0}}} \cdot p_g = \sqrt{T_{s0} T_{g0}} \cdot K I_g \dots\dots\dots (4)$$

同様に、測定時には、真空システムと真空計の温度及び圧力をそれぞれ T_s , T_g ; p_s' , p_g' , 真空計の指示を I_g' とし、次式が求められる。

$$p_s' = \sqrt{\frac{T_s}{T_g}} \cdot p_g' = \sqrt{T_s T_g} \cdot K I_g' \dots\dots\dots (5)$$

式(5)を式(4)で割ると、

$$\frac{p_s'}{p_s} = \sqrt{\frac{T_s}{T_{s0}}} \sqrt{\frac{T_g}{T_{g0}}} \cdot \frac{I_g'}{I_g} \dots\dots\dots (6)$$

となり、結局、補正が必要な係数として、式(6)のアンダーラインの部分を得られる。

なお、校正時の真空計の温度 T_{g0} と測定時の真空計の温度 T_g がほぼ等しいときには、 $\sqrt{\frac{T_g}{T_{g0}}} \doteq 1$ となるので、

$\sqrt{\frac{T_s}{T_{s0}}}$ の補正だけを行えばよい。

精度の高い測定を行うときや、液体窒素で冷却された装置や高温に加熱された装置の圧力を測定するときには、このような熱遷移による補正を行う必要がある。

9. 電極の狂いによる感度の変化 電離真空計は、電極の変形や変位によって感度に変化が生じることがあるので注意を要する。例えば、三極管型電離真空計の場合、熱陰極と集電子電極との相対位置が2 mm 移動したときに10%程度の感度変化が生じる⁴⁾。

また、B-A真空計では、熱陰極と集電子電極との距離が短くなると感度が低下する⁵⁾。

参考文献

- 1) 石井, 中山, 真空 3 (1960) 77
- 2) 織田, 真空 3 (1960) 240
- 3) G.J.Schulz and A.V.Phelps, Rev. Sci. Instr. 28 (1957) 1051
*印だけS.Dushman and J.M.Lafferty, ed., Scientific Foundations of Vacuum Technique (1962, John Wiley & Sons), p.314
- 4) 平田, 小野, 戸田, 中山, 真空 25 (1982) 372
- 5) P.A.Redhead, J. Vac. Sci. Technol. 6 (1969) 848

10. 原案作成委員会の構成表 原案作成委員会の構成は、次のとおりである。

| | 氏名 | 所属 |
|-------|-------|--------------------|
| (委員長) | 久武和夫 | 実践女子大学 |
| | 池田順一 | 財団法人日本規格協会 |
| | 伊藤嘉規 | 日本真空工業会(株式会社徳田製作所) |
| | 上田新次郎 | 株式会社日立製作所機械研究所 |
| | 魚住清彦 | 青山学院大学理工学部 |
| | 小野雅敏 | 工業技術院電子技術総合研究所 |
| | 加藤康宏 | 工業技術院標準部 |
| | 辻泰 | 東京大学生産技術研究所 |
| | 角田龍爾 | 日本酸素株式会社 |
| | 富永五郎 | 東邦大学理学部 |
| | 中村静雄 | 日本真空技術株式会社 |
| | 野間空 | フジ精機株式会社 |
| | 林義孝 | 日電アネルバ株式会社 |
| | 平田正紘 | 工業技術院電子技術総合研究所 |
| | 古市靖孝 | 株式会社島津製作所 |
| | 堀越源一 | 高エネルギー物理学研究所 |
| | 松岡俊英 | 大亜真空技研株式会社 |
| | 松沢功 | 神港精機株式会社 |
| | 三浦忠男 | 株式会社東芝総合研究所 |
| | 美馬宏司 | 大阪市立大学工学部 |
| | 村上義夫 | 日本原子力研究所那珂研究所 |
| | 吉田清 | 工業技術院計量研究所 |
| (事務局) | 佐久間伸夫 | 日本真空協会 |

日本工業規格 熱陰極及び冷陰極電離真空計 定価 515 円
による圧力測定方法 (本体 500 円)

平成元年 5 月 31 日 第 1 刷発行◎

編集兼 西家 正起
発行人

発行所

財団法人 日本規格協会

〒107 東京都港区赤坂 4 丁目 1-24

電話 東京 (03) 583-8001 (代表)

振替口座 東京 6-195146

- 札幌支部 〒060 札幌市中央区北 3 条西 3 丁目 1 札幌大同生命ビル内
電話 札幌 (011) 261-0045 振替: 小樽 6-4351
- 東北支部 〒980 仙台市青葉区一番町 1 丁目 1-30 やまと生命ビル内
電話 仙台 (022) 227-8336, 8343 振替: 仙台 0-8166
- 名古屋支部 〒460 名古屋市中区栄 2 丁目 6-12 白川ビル内
電話 名古屋 (052) 221-8316 (代表) 振替: 名古屋 0-23283
- 関西支部 〒541 大阪市中央区本町 3 丁目 4-10 本町野村ビル内
電話 大阪 (06) 261-8086 (代表) 振替: 大阪 1-2636
- 広島支部 〒730 広島市中区基町 5-44 広島商工会議所ビル内
電話 広島 (082) 221-7023, 7035-7036 振替: 広島 4-9479
- 四国支部 〒760 高松市寿町 2 丁目 2-10 住友生命高松寿町ビル内
電話 高松 (0878) 21-7851 振替: 徳島 8-3359
- 福岡支部 〒810 福岡市中央区渡辺通り 2 丁目 1-82 電気ビル第 3 別館内
電話 福岡 (092) 761-4226 振替: 福岡 9-21632

UDC 531.788.7

JIS
Z 8752

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

Measuring Methods of Low Pressures by Hot Cathode and Cold Cathode Ionization Gauges

JIS Z 8752-1989

Revised 1989-03-01

Investigated by

Japanese Industrial Standards Committee

Published by

Japanese Standards Association

1-24, Akasaka 4-chome, Minato-ku

Tokyo, 107 JAPAN

Printed in Japan

定価 515 円 (本体 500 円)

UDC 531.788.6

Z 8753

JIS

熱伝導真空計による圧力測定方法

JIS Z 8753-1989

平成元年3月1日 改正

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

熱伝導真空計による圧力測定方法 Z 8753-1989

Measuring Methods of Low Pressures
by Thermal Conductivity Gauge

1. 適用範囲 この規格は、気体分子による熱伝導を使う真空計（以下、真空計という。）を用いて圧力を測定する場合の一般的方法について規定する。

備考 対流による熱伝達を利用する真空計による方法は、この規格には含まない。

2. 用語の意味 この規格で用いる主な用語の意味は、JIS Z 8126 [真空用語 (基礎)], JIS Z 8127 [真空用語 (真空ポンプ 及び 関連用語)] 及び JIS Z 8128 [真空用語 (真空計 及び 関連用語)] によるほか、次による。

- (1) 感圧素子 測定子の中にある素子で、電流で加熱されるフィラメントなど。
- (2) 外囲器 測定子の一部で、感圧素子を収容する容器。
- (3) 真空システム 圧力を測定する対象となる真空装置。
- (4) 制御計測部 測定子を動作させる電源と、抵抗などを測定して圧力を表示する機能とを併せもった測定器。

3. 測定原理 電流で加熱された感圧素子から、周囲の気体分子による熱伝導によって失われる熱量が圧力に依存することを利用して、圧力を電氣的に測定する。

参考 感圧素子からの熱損失量は、その周囲の気体圧力に依存すると同時に、気体の種類、感圧素子と外囲器及び感圧素子支持器との温度差、感圧素子表面及び外囲器内面とそれらに衝突する分子との間の熱エネルギー交換に関する係数（熱適応係数）、感圧素子表面の放射率にも依存する。

4. 真空計の種類 及び 構成

4.1 真空計の種類 及び その測定圧力範囲 真空計には、ピラニ真空計、熱電対真空計などがあり、それぞれは測定子と制御計測部とから構成されている。表に真空計の種類 及び その主な測定圧力範囲を示す。

表 真空計の種類 及び その測定圧力範囲

| 真空計の種類 | | 測定圧力範囲 |
|--------|------|-------------------------|
| ピラニ真空計 | 定電圧形 | $10^{-10} \sim 10^{-1}$ |
| | 定温度形 | $10^0 \sim 10^{-1}$ |
| 熱電対真空計 | | $10^2 \sim 10^{-1}$ |

4.2 ピラニ真空計 ピラニ真空計の構成 及び 測定原理は、次による。

- (1) 測定子の構成 測定子は、タングステン、白金、ニッケルなどの抵抗温度係数が大きい金属のフィラメントと、ガラス又は金属の外囲器とから成る。
- (2) 測定原理 測定原理は、フィラメントを電流によって加熱して外囲器温度より約 50~300 K 高い温度に保ち、気体によって生じるフィラメントからの熱損失量を抵抗値の変化によって検出するものである。そのため、測定子を図 1 に示すようにブリッジ回路の一辺として構成するのが普通である。

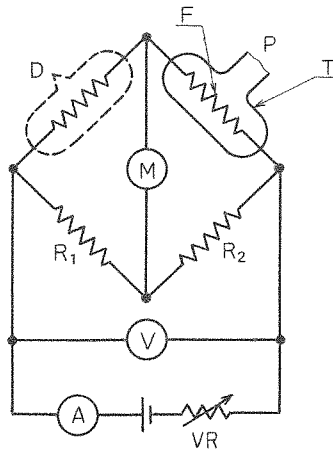
引用規格：JIS Z 8126 真空用語 (基礎)

JIS Z 8127 真空用語 (真空ポンプ 及び 関連用語)

JIS Z 8128 真空用語 (真空計 及び 関連用語)

JIS Z 8750 真空計校正方法

図 1 ピラニ真空計の構成例



- P:測定子
 T:外圍器
 F:フィラメント
 D:温度補償抵抗又は補償管
 R_1, R_2 :抵抗
 VR:可変抵抗
 A:電流計
 V:電圧計
 M:高感度電圧計

- (a) **定電圧形** 定電圧形は、ブリッジ回路に加える電圧を一定に保った場合の圧力変化によるフィラメントからの熱損失量を、ブリッジ回路の不均衡電圧で検出することによって圧力を測定するものである。
- (b) **定温度形** 定温度形は、圧力の変化によらず、ブリッジ回路が常に平衡を保つために必要な電力から、気体によるフィラメントからの熱損失量を測定して、圧力を測定するものである。この場合、フィラメントの抵抗は一定に保たれるので、フィラメントの温度が変わらない。

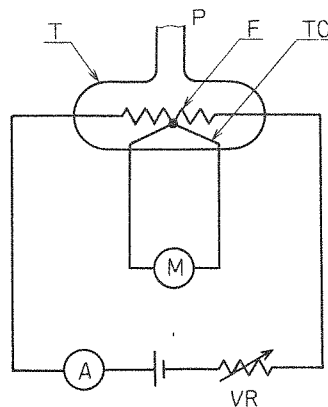
参考 雰囲気温度の変化を補償するために、定電圧形では測定子と同形で一定圧力に封止した補償管(ダミー管)を、定温度形では温度補償抵抗を、図1のDの位置に組み込むことがある。

4.3 熱電対真空計 熱電対真空計の構成及び測定原理は、次による。

- (1) **測定子の構成** 測定子は、タングステン、白金、ニッケルなどの金属フィラメント、それに点溶接された熱容量が小さい熱電対及びガラス又は金属の外圍器とから成る。
- (2) **測定原理** 測定原理は、ピラニ真空計と同様にフィラメントを電流で加熱し、気体によって生じる温度変化を熱電対で測定することによって、圧力を測定する。

図2に熱電対真空計の構成例を示す。

図 2 熱電対真空計の構成例



- P:測定子
 F:フィラメント
 T:外圍器
 TC:熱電対
 VR:可変抵抗
 A:電流計
 M:高感度電圧計

5. 測定方法

5.1 測定子の接続 一般に、真空システムは位置によって圧力が異なるので、測定子は、測定したい位置の近くに取り付ける必要がある。接続方法によって圧力指示値が異なることがあるので、次の事項に注意して測定する。

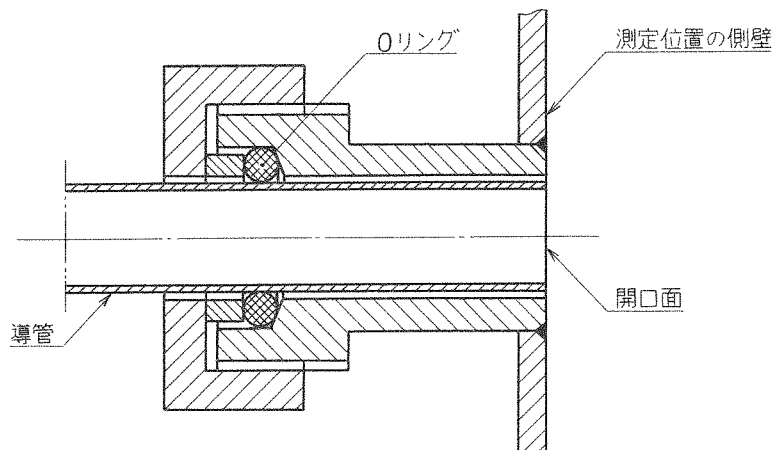
- (1) 測定子の導管の開口面は、導管の軸に直角にする。
- (2) 測定子の導管は、図3に示すように測定位置の側壁に対して直角に取り付ける。開口面は、原則として

真空システムの壁面と合わせる。

また、真空システム内に流れがある場合には、導管の開口面は流れの方向に対して直角にすることが望ましい。

- (3) 導管の径と長さは、原則として校正に用いたものと同じとする。
- (4) 測定子を取り付けるために用いるガスケットなどには、気体放出が少ないものを用いる。途中にゴム管及び内部の汚れた導管を用いてはならない。グリースなどの気体放出が多い材料は用いない。

図 3 Oリングを用いた接続方法の例



5.2 測定操作 真空計が動作開始の後、測定子の温度が平衡に達し、かつ、指示が安定したときの値を測定値とする。

5.3 測定条件 真空計は、定められた動作状態で校正しておく。動作条件及び環境によって指示が変化するので、次の点に注意して測定する。

- (1) 校正時と同じ電気的条件下で測定する。
- (2) 原則として校正時と同じ温度で測定する。
- (3) 光、熱線、風など外界の熱的条件の影響を受けないように測定子に遮へいなどの対策を行う。

参考 圧力変化が速い場合には、感圧素子の温度変化が圧力変化に追従できないため、指示に遅れを生じ、正しい圧力を示さないことがある。

6. 検査及び校正

6.1 検査及び校正の時期 真空計は、定期的に検査を行い、必要に応じて校正を行う。ただし、測定子が汚染されたおそれのある場合、機械的衝撃などによって感圧素子に変形などが生じたと思われる場合、特に精度がよい測定を行う場合などには、検査及び校正を行う。

6.2 検査項目及び検査方法 検査項目及び検査方法は、次によって測定子及び制御計測部が校正時の条件を満足していることを確かめる。

- (1) **測定子の汚れ及び内部構造の変形** 測定子の汚れ及び内部構造の変形は、目視可能な場合は目視で調べる。
- (2) **測定子の電気的導通及び絶縁** フィラメント及び熱電対の導通、並びにそれらと外圍器との絶縁を調べる。
- (3) **測定子の真空漏れ** 測定子を動作状態にし、試験ガスを用いて真空漏れ試験を行う。
- (4) **制御計測部の電気的條件** 測定子を動作状態にし、制御計測部の電気的條件が校正時と同じであることを調べる。
- (5) **フルスケール及び零点の確認** 真空システムの圧力を十分低い圧力及び高い圧力にしたときに、それぞ

れ指示が所定の値を示すことを確認する。所定の値を示さない場合は、その真空計に指定してある方法で調整する。

6.3 校正 真空計の校正は、JIS Z 8750 (真空計校正方法) による方法によって行う。

7. 測定値の表示 真空計の感度は、気体の種類によって異なるので、その気体について得られた校正曲線を用いて圧力を表示する。空気の場合は、窒素とみなした圧力で表示しても差し支えない。

また、気体の種類と組成が不明なときは、窒素相当圧で表示する。

参考 一般に真空計は、窒素で校正してある。

JIS Z 8753-1989

熱伝導真空計による圧力測定方法 解説

1. 改正の目的及び経緯 この規格は、JIS Z 8750 (真空計校正方法)、JIS Z 8751 (液柱差を使う真空計による真空度測定方法)、及びJIS Z 8752 (熱陰極及び冷陰極電離真空計による圧力測定方法)と共に真空計測に関する規格群の一環をなすもので、昭和38年2月に制定された。

また、国際単位系採用に伴う移行措置として国際単位系による数値を{ }書きで併記するための改正が昭和51年3月に行われた。

当時の規格には、解説が付されていないため制定の趣旨は明らかではないが、この規格化によって規定された真空計による測定方法の統一化に貢献した。

しかしながら、制定後現在に至るこの間の国内における半導体工業の隆盛などに関連した真空機器産業の著しい発展とあいまって真空計測技術も進歩・発展を遂げ、これに対応して真空計測機器類の性能向上や多様化、合理化が促進された。その結果、昭和38年に制定以来、実質的な規定内容の見直しがなされていないこの規格の規定内容が実情にそぐわない面が多く見受けられるようになった。

一方、ISO国際規格の動向については、この規格に関連のあるものとして、現在DP 5300 Vacuum technology - Calibration of thermal conductivity vacuum gauges by direct comparison with a reference gaugeが国際規格案(DIS)の前の原案(DP)の段階にある。

ISO規格に制定された時点でこれとの整合を図りつつ、かつまた、最近の技術進歩に対応したより新しい国内の真空計測にかかわる標準体系が確立された段階で抜本的な改正を行うとする考え方もあったが、ISO国際規格については、これを取り扱うISO/TC 112 (真空技術)、SC 2 (低圧力測定及び真空計の校正)の幹事国が現在空席であり、当面、ISO規格制定の作業見通しが得られないこと、また、後者においては、その実現に更に若干の歳月を必要とすることなどの理由で、今回は現行規格の枠内での改正になった。

また、この規格と共にJIS Z 8752の改正も行われたが、改正に当たっては理念を共通にし、規格相互の整合にも十分留意した。

改正の作業については、昭和62年度に工業技術院が日本規格協会を經由してこの規格の改正原案の作成を日本真空協会に委託し、同協会内に改正原案作成委員会を組織して3回の本委員会、5回の分科会などを経て規格改正原案を得た。この原案は、昭和63年11月9日に開催の日本工業標準調査会基本部会で審議議決されて平成元年3月1日改正の運びとなった。

2. 名称 この規格の従来の名称は“熱伝導を使う真空計による真空度測定方法”であったが、今回JIS Z 8752と共に改正した。

3. 適用範囲 この規格は、定温度形真空計、定電圧形ピラニ真空計及び熱電対真空計を対象とした。旧規格において対象に含まれていた定電流形ピラニ真空計及びサーミスタ真空計については、現在ほとんど使用されていないという点から、この規格の適用範囲外とした。

最近、ピラニ真空計において測定領域を大気圧まで延ばした真空計が市販されている。しかし、この真空計は、高圧領域では対流による熱伝達を利用しているものであって、その原理は旧規格で規定された真空計の原理(気体分子による熱伝導の利用)と異なり、かつ、この規格に規定した真空計に比べて測定子の姿勢や気体の流れの影響を受けやすいなどの理由から、今回はこの規格の適用範囲外とした。

4. 定電圧ピラニ真空計におけるブリッジ回路の考え方 ピラニ真空計は、測定子をブリッジ回路に組み込む構造をとっている。このブリッジ回路の両端にかける電圧を一定に保つ形式を定電圧形と呼んでいる。この形式は、フィラ

メントに加わる電圧が一定でないことに注意を要する。すなわち、フィラメントに加わる電圧は、フィラメントの抵抗値と R_1 (規格本体の図 1) との比例分割となるので、圧力が変化してフィラメントの抵抗値が変わるとフィラメントに加わる電圧が変化する。したがって、フィラメントに加わる電圧が一定のときに理論的に予測される感度曲線と実際の感度曲線とは異なってくる。

なお、この形式はフィラメントの温度が圧力の上昇とともに低下するため、感度は高压側で低下する。したがって、この形式の測定領域の高压側での限界は、定温度形に比べて低い。

5. 測定子の接続方法 旧規格では、測定子の導管の開口面は真空システムの内壁から突き出さないように取り付けることを推奨しているが、この規格では、原則として真空システムの内壁面と一致させるように改正した。

この規格においては、対流による熱伝達を利用する真空計は適用範囲から除外した。しかし、 2×10^4 Pa より高い圧力では対流の効果が無視できなくなるため、ピラニ真空計において測定圧力範囲が少し高い圧力の領域まで表示できるものについては、取付け姿勢(重力に対する姿勢)をその真空計に指示されたとおりにしなければならない。

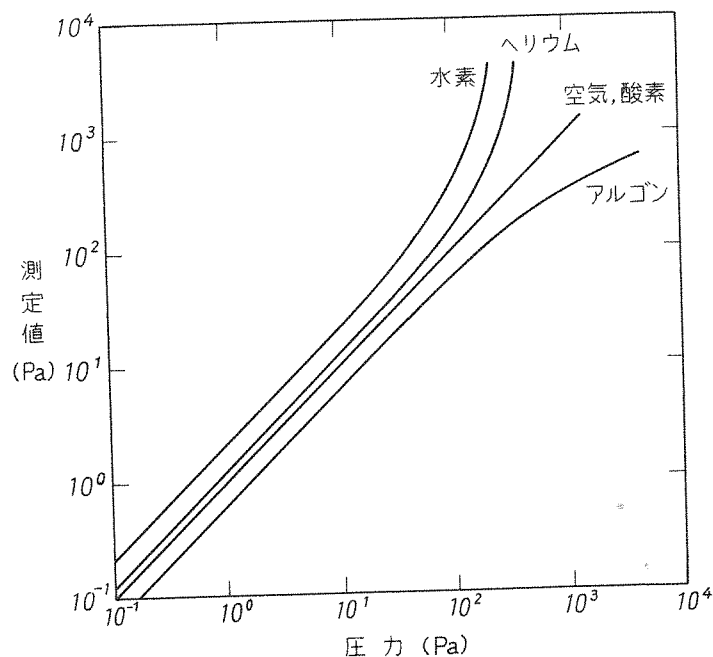
また、真空計によっては、大気圧でフルスケールの確認を行うものもあるが、そのときも対流の効果を考慮して指示された取付け姿勢を守る必要がある。

6. 測定操作 圧力測定は少なくとも通電後 10 分以上経過して、測定子の温度平衡が十分に成り立った後に行い、一連の測定の間は測定子の通電を途中で切らないことが望ましい。

測定子が化学的に活性な気体又は吸着されやすい気体にさらされた後は特性が変わることがある。このようなおそれのある場合は、特性を変化前のものに復帰させるために、測定子に通電した状態で窒素又は乾燥空気を満たして排気する操作(洗出し操作)を行った後、校正をやり直すことが望ましい。

7. 測定値の表示 気体分子によるフィラメントからの熱伝導量は、気体の種類によって大きく異なるので、測定したい気体について事前に校正曲線を得る必要がある。真空計は、一般に窒素に対して校正されているので、解説図に窒素を基準にした種々の気体の校正曲線例を示す。この図から分かるように、高压領域において窒素の校正曲線から気体によっては大きく外れることがあるので、注意を要する。

解説図 窒素を基準にした種々の気体の校正曲線例



8. 熱伝導真空計における誤差要因 熱伝導真空計において生じる誤差は、制御計測部の電氣的変動、測定子の構造の変形、測定子の真空漏れなどによって発生する以外に、周囲温度の変化や感圧素子の表面の汚染によるものがある。

フィラメントからの熱伝導量は、外囲器の温度に依存する。したがって、周囲温度の変化は校正曲線を変化させるので、圧力測定は、原則として校正時の温度に近い温度で行うとともに、外囲器の温度が測定中に変動しないように注意する必要がある。補償管を測定子と共に用いる形式のものは、周囲温度の変化をある程度補償しているとはいえ、絶対的なものではないことに注意を要する。

気体分子によるフィラメントからの熱伝導量は、同じ気体であってもフィラメント表面の熱適応係数に依存する。この熱適応係数は表面状態に敏感であるため、使用中にフィラメントの表面が汚染されたり、化学変化を生じた場合は熱伝導量が変わり、真空計の指示に変化が生じる。さらに、低圧側においては汚染などによってフィラメントの表面の放射率が変化し、熱放射量が変わるので零点の調整が必要となる。しかし、この調整幅が大きくなると感度曲線が校正曲線から外れる結果となり、誤差を生じる原因となる。したがって、測定子の汚染が予測される真空システムの圧力測定を行う場合、汚染物質が直接入射しないように、便宜上測定子と真空システムとの間に邪魔板を設けるなどの工夫を行うことがある。

9. 原案作成委員会の構成表 原案作成委員会の構成は、次のとおりである。

| | 氏名 | 所属 |
|-------|---------|--------------------|
| (委員長) | 久 武 和 夫 | 実践女子大学 |
| | 池 田 順 一 | 財団法人日本規格協会 |
| | 伊 藤 嘉 規 | 日本真空工業会(株式会社徳田製作所) |
| | 上 田 新次郎 | 株式会社日立製作所機械研究所 |
| | 魚 住 清 彦 | 青山学院大学理工学部 |
| | 小 野 雅 敏 | 工業技術院電子技術総合研究所 |
| | 加 藤 康 宏 | 工業技術院標準部 |
| | 辻 泰 | 東京大学生産技術研究所 |
| | 角 田 龍 爾 | 日本酸素株式会社 |
| | 富 永 五 郎 | 東邦大学理学部 |
| | 中 村 静 雄 | 日本真空技術株式会社 |
| | 野 間 空 | フジ精機株式会社 |
| | 林 義 孝 | 日電アネルバ株式会社 |
| | 平 田 正 紘 | 工業技術院電子技術総合研究所 |
| | 古 市 靖 孝 | 株式会社島津製作所 |
| | 堀 越 源 一 | 高エネルギー物理学研究所 |
| | 松 岡 俊 英 | 大亜真空技研株式会社 |
| | 松 沢 功 | 神港精機株式会社 |
| | 三 浦 忠 男 | 株式会社東芝総合研究所 |
| | 美 馬 宏 司 | 大阪市立大学工学部 |
| | 村 上 義 夫 | 日本原子力研究所那珂研究所 |
| | 吉 田 清 | 工業技術院計量研究所 |
| (事務局) | 佐久間 伸 夫 | 日本真空協会 |

日本工業規格 熱伝導真空計による 定価 464 円
圧力測定方法 (本体 450 円)

平成元年 5 月 31 日 第 1 刷発行◎

編纂者 西家正起
発行人

発行所

財団法人 日本規格協会

〒107 東京都港区赤坂 4 丁目 1-24

電話 東京(03) 583-8001(代表)

振替口座 東京 6-195146

- 札幌支部 〒060 札幌市中央区北 3 条西 3 丁目 1 札幌大同生命ビル内
電話 札幌(011) 261-0045 振替: 小樽 6-4351
- 東北支部 〒980 仙台市青葉区一番町 1 丁目 1-30 やまと生命ビル内
電話 仙台(022) 227-8336, 8343 振替: 仙台 0-8166
- 名古屋支部 〒460 名古屋市中区栄 2 丁目 6-12 白川ビル内
電話 名古屋(052) 221-8316(代表) 振替: 名古屋 0-23283
- 関西支部 〒541 大阪市中央区本町 3 丁目 4-10 本町野村ビル内
電話 大阪(06) 261-8086(代表) 振替: 大阪 1-2636
- 広島支部 〒730 広島市中区基町 5-44 広島商工会議所ビル内
電話 広島(082) 221-7023, 7035-7036 振替: 広島 4-9479
- 四国支部 〒760 高松市寿町 2 丁目 2-10 住友生命高松寿町ビル内
電話 高松(0878) 21-7851 振替: 徳島 8-3359
- 福岡支部 〒810 福岡市中央区渡辺通り 2 丁目 1-82 電気ビル第 3 別館内
電話 福岡(092) 761-4226 振替: 福岡 9-21632

UDC 531.788.6

JIS
Z 8753

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

Measuring Methods of Low Pressures by Thermal Conductivity Gauge

JIS Z 8753⁻¹⁹⁸⁹

Revised 1989-03-01

Investigated by

Japanese Industrial Standards Committee

Published by

Japanese Standards Association

1-24, Akasaka 4-chome, Minato-ku

Tokyo, 107 JAPAN

Printed in Japan

定価 464 円 (本体 450 円)