



Technische Information

Längenmessgeräte zum Einsatz im Vakuum

Als Vakuum wird der leere Raum bezeichnet, also ein nicht mit Luft oder einem anderen Gas gefülltes Volumen. Je nach Qualität unterscheidet man die Klassen Grob-, Fein-, Hoch- und Ultrahochvakuum.

Die Vakuumtechnik spielt bei vielen modernen Produktionsverfahren und Forschungsaufgaben eine wesentliche Rolle. So sind vakuumtechnische Verfahren in der Elektronik, der Dünnschichttechnologie, bei der Entwicklung neuer Werkstoffe, in der Biotechnik, in der Medizin- und Analysetechnik unverzichtbar geworden.

Für die im Vakuum verwendeten Komponenten gelten besondere Anforderungen, so natürlich auch für die zu Positionieraufgaben erforderlichen Messgeräte. Die speziell für den Einsatz im Hoch- und Ultrahochvakuum konzipierten Längenmessgeräte von HEIDENHAIN erfüllen diese Anforderungen durch spezielle konstruktive Maßnahmen:

- Vakuumtaugliche Leiterplatten, Kleber und Lacke reduzieren das Ausgasen
- Entlüftete Hohlräume verkürzen die Pumpzeit
- Temperaturbeständigkeit erlaubt hohe Aufheiztemperaturen
- Verzicht auf ferromagnetische Materialien ermöglicht hohe Prozesssicherheit
- Fertigung im Reinraum garantiert höchste Sauberkeit

Vakuumklassen

Wird Luft aus einem abgeschlossenen Raum abgepumpt, so wird er luftleer. Die Luft im Raum wird dünner, der Druck fällt – es entsteht Vakuum. Je weniger Luft im Raum verbleibt, umso höher ist die sogenannte Vakuumklasse. Man unterscheidet vier Vakuumklassen. Von **Grobvakuum** spricht man bei einem Luftdruck bis zu 1 mbar, darunter von **Feinvakuum**. Unter 0,001 mbar herrscht **Hochvakuum** und ab 0,0000001 mbar **Ultrahochvakuum**.

Vakuum-Anwendungen

Vakuum als luft- und somit teilchenfreier Raum ist überall da notwendig, wo sich die Anwesenheit „fremder“ Teilchen störend auswirkt. Unter bestimmten Umständen müssen direkt im Vakuumbereich Dimensionmessungen durchgeführt werden, zum Beispiel, wenn feinste Strukturen im Sub-Mikrometerbereich kontrolliert oder

| Vakuum | Druck in mbar | Höhe in km über Erd- oberfläche | mittlere freie Weglänge in m ohne Zusammenstoß zweier Gasmoleküle | Bedeckungszeit in s in der eine Fläche mit Teilchen bedeckt ist |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Grob | 10^{+3} bis 1 | < 50 | $< 10^{-5}$ | $< 10^{-5}$ |
| Fein | 1 bis 10^{-3} | 50 bis 100 | 10^{-5} bis 10^{-1} | 10^{-5} bis 10^{-2} |
| Hoch | 10^{-3} bis 10^{-7} | 100 bis 500 | 10^{-1} bis 10^{+3} | 10^{-2} bis 10^{+2} |
| Ultra- Hoch | $< 10^{-7}$ | > 500 | $> 10^{+3}$ | > 100 |

Teilchen zerlegt und untersucht werden sollen. Bekannte Anwendungen für Längen- und Winkelmessgeräte im Vakuum sind deshalb unter anderem am Elektronenstrahlmikroskop, an Manipulatoren,

Mehrfachverstellern oder XY-Tischen, am E-Beam-Mikroskop, zur Waferinspektion in der Halbleitertechnologie oder an Spektrometerachsen zum Messen der Synchrotronstrahlung.

Anforderungen an Messgeräte im Vakuum

Im Grob- und Feinvakuum können meist Standardmessgeräte von HEIDENHAIN bei eingeschränktem Betriebstemperaturbereich eingesetzt werden. Im Hoch- und Ultrahochvakuum werden spezielle Anforderungen an die Messgeräte gestellt.

Geringes Ausgasen

Messgeräte im Vakuum dürfen keine Gase in großen Mengen freisetzen, da sonst der Druck in der Vakuumkammer stark ansteigt. Im Ultrahochvakuum ist jedes einzelne Bauteil kritisch zu betrachten. Manche Kunststoffe zum Beispiel gasen Lösungsmittel aus. Solche Kunststoffe sind in Leiterplatten, Klebern oder Lacken enthalten und sollten in Geräten für das Ultrahochvakuum generell vermieden werden. HEIDENHAIN verwendet deshalb vakuumtaugliche Leiterplatten und Kleber, vakuumtaugliche Beschichtungen ersetzen die sonst üblichen Lacke. Für den Einsatz im Ultrahochvakuum ist die Anzahl der Komponenten auf ein Minimum zu reduzieren. Anpass- oder Impulsformer-Elektroniken müssen deshalb grundsätzlich außerhalb der Vakuumkammer positioniert werden. HEIDENHAIN bietet deshalb vakuumtaugliche Messgeräte mit externer Anpasselektronik. Für Hochvakuum-Applikationen ist es optional auch möglich die Anpasselektronik in der Vakuumkammer zu platzieren.

Gute Entlüftung von Hohlräumen

Um ein Vakuum zu erzeugen, muss Luft aus einem Raum abgepumpt werden. Die Zeit bis zum Erreichen des gewünschten Drucks, die sogenannte Pumpzeit, soll möglichst kurz sein, damit die Vakuumanlage schnell einsatzbereit ist. Die Pumpzeit wird verkürzt, wenn die Luft aus allen Hohlräumen schnell entweichen kann. Darum sind bei den vakuumtauglichen Geräten von HEIDENHAIN die Gehäuse mit zusätzlichen Entlüftungsbohrungen versehen, Gewindebohrungen am Ende geöffnet und Hohlräume angebohrt.



Vermeidung von ferromagnetischen Materialien

Abhängig von den Prozessen, die in der Vakuumkammer ablaufen, sind bestimmte Materialien nicht erlaubt. In Elektronenstrahl-Mikroskopen zur Untersuchung mikroelektronischer Schaltungen dürfen keine ferromagnetischen Materialien verwendet werden. Die Maßverkörperungen und Abtastköpfe der vakuumtauglichen Messgeräte von HEIDENHAIN sind aus nichtmagnetisierbaren Materialien aufgebaut. Lediglich die Anpasselektronik enthält ferromagnetische Materialien. Daher bietet HEIDENHAIN Messgerätevarianten an, bei denen die Anpasselektronik außerhalb des Vakuums platziert werden kann.



Hohe Temperaturbeständigkeit

Um eine hohe Vakuumklasse zu erreichen, wird die Vakuumkammer während des Abpumpens auf 100 °C und mehr aufgeheizt. Wassermoleküle, die an den Geräteoberflächen haften, verdampfen dabei und können so schneller abgesaugt werden. Messgeräte für den Einsatz im Vakuum müssen daher für Temperaturen von 100 °C und mehr ausgelegt sein.

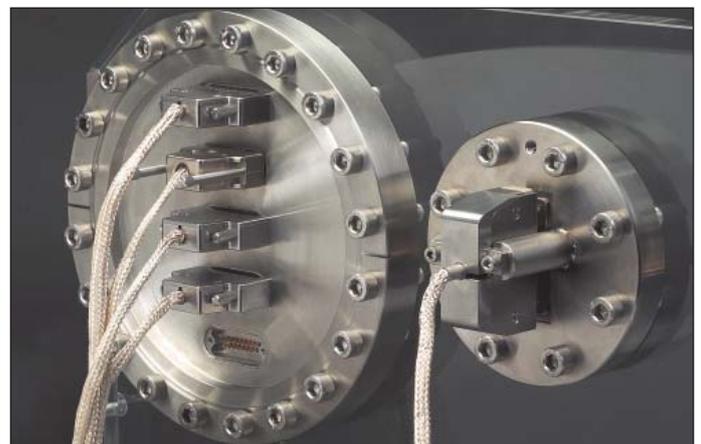
Hohe Sauberkeit

Die Geräte für den Einsatz in einer Vakuumkammer müssen speziell gereinigt und besonders sauber sein. Die meisten Fette und Öle, selbst Fingerabdrücke gasen im Vakuum aus und sind daher nicht zulässig. Feinste Partikel, Stäube usw. können in der Vakuumkammer frei werden und zum Beispiel die zu untersuchende mikroelektronische Schaltung zerstören oder das Versuchsergebnis beeinflussen. Es sind daher besondere Anforderungen an die Fertigung, Reinigung und Verpackung gestellt. HEIDENHAIN fertigt die Messgeräte für die Vakuumtechnik deshalb im Reinraum. Auch die Verpackung ist entsprechend aufwendig. Sie ist doppelt ausgeführt und wird vor dem Verschweißen mit Stickstoff gespült.

Elektrischer Anschluss

Die Messgeräte von HEIDENHAIN sind mit Steckern ausgestattet, die den Anschluss an vakuumtauglichen Gehäusedurchführungen erlauben.

Die Längenmessgeräte der Baureihen LIP und LIF benötigen Anpasseelektroniken zur Signalumsetzung auf 1 V_{SS}. Diese Anpasseelektronik befindet sich in einem Sub-D-Stecker. Für Hochvakuumanwendungen kann die Anpasseelektronik direkt am Gerät angebracht werden. Für Ultrahochvakuumanwendung muss sich die Anpasseelektronik außerhalb der Vakuumkammer befinden. Die LIP und LIF für Hochvakuum sind deshalb mit zwei Kabelausführungen lieferbar. Die Kabellänge zwischen Abtastkopf und Anpasseelektronik darf maximal 3 m betragen.



Vakuumtaugliche Gehäusedurchführungen

Vakuumtaugliche Messgeräte

Die vakuumtauglichen Messgeräte von HEIDENHAIN wurden von Standardgeräten abgeleitet und entsprechend modifiziert. Von den ursprünglichen Geräten sind allerdings nur das Abtastprinzip sowie die opto-elektronischen und optischen Bauteile übernommen. Dagegen wurden Gehäuse, Leiterplatten und Kleber den Anforderungen der Vakuumklasse angepasst.

Folgende besondere Maßnahmen zeichnen die HEIDENHAIN-Geräte für Vakuumeinsatz aus:

- keine magnetisierbaren Materialien (außer LED-Gehäuse)
- Laserbeschriftung anstatt Aufkleber
- Entlüftungsbohrungen
- spezielle Beschichtungen
- Fertigung im Reinraum
- spezielle Reinigung und Verpackung
- Kabel mit PTFE-Abschirmung mit versilbertem Kupfergeflecht

LIP 481V



| | für Hochvakuum bis 10^{-7} mbar | | | für Ultrahochvakuum bis 10^{-11} mbar |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| | LIC 4113V/LIC 4193V | LIF 481V | LIP 481V | LIP 481U |
| Messlängen* | 240 mm bis 3040 mm ¹⁾ | 70 mm bis 1020 mm | 70 mm bis 420 mm | |
| Genauigkeitsklasse* | ± 1 µm (Robax); ± 3 µm; ± 5 µm | ± 3 µm | ± 1 µm; ± 0,5 µm | |
| Schnittstelle | EnDat 2.2; Fanuc α _i ; Mitsubishi; Panasonic | ~ 1 V _{SS} | | |
| Signalperiode | – | 4 µm | 2 µm | |
| Material des Teilungsträgers* | <ul style="list-style-type: none"> • Robax-Glaskeramik $\alpha_{\text{therm}} \approx (0 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ • Glas | <ul style="list-style-type: none"> • Zerodur-Glaskeramik $\alpha_{\text{therm}} \approx 0 \text{ K}^{-1}$ • Glas $\alpha_{\text{therm}} \approx 8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ | | |
| Ausheiztemperatur | 100 °C | | | 120 °C |
| Besonderheiten | – | <ul style="list-style-type: none"> • geringer Stromverbrauch • Wärmeableitung über Gehäuse | | |
| Platinenmaterial | – | FR4 | Keramik | |
| Klebstoffe | Standard | | UHV-fähig, temperaturbeständig | |
| Kabel, Stecker | <ul style="list-style-type: none"> • Hochvakuumtaugliche Steckverbindung Sub-D-Stecker (Stift), 15-polig | <ul style="list-style-type: none"> • Hochvakuumtaugliche Steckverbindung rund, 16-polig (APE in Luft) • Optional: Anpasselektronik in Stecker integriert (APE in Vakuum) | | UHV-taugliche Steckverbindung ohne Durchführung (APE in Luft) |

* bei Bestellung bitte auswählen

¹⁾ Robax-Glaskeramik bis max. Messlänge 1640 mm

Robax ist eine eingetragene Marke der Schott-Glaswerke, Mainz

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

☎ +49 8669 31-0

☎ +49 8669 32-5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de



Weitere Informationen:

- Prospekt *Offene Längenmessgeräte*
- Produktinformation *LIF 481V*
- Produktinformation *LIP 481V/U*
- Produktinformation *LIC 4113V/LIC 4193V*

