

4. Spiegel



Spiegel können hinsichtlich ihrer geometrischen Form des Substratmaterials und der Art der Spiegelschicht unterschieden werden. Oftmals werden Laserspiegel getrennt aufgeführt, da diese sich durch die spezielle Anwendung und eine besonders hohe optische Qualität auszeichnen.

Spiegelformen :

Planspiegel , Sphärische Spiegel

Spiegelsubstrat-Materialien :

B270, N-BK7, Zerodur, Pyrex, Quarzglas, Borofloat, Kupfer, Silizium u.a.

Spiegelschichten :

Metallisch – Aluminium, Gold, Silber (optional mit Schutzschichten) oder dielektrisch

Für die Auswahl des Spiegelsubstrates ist in kritischen Anwendungen, die eine hohe Formstabilität des Substrates erfordern, der Ausdehnungskoeffizient zu berücksichtigen. Die nachstehende Tabelle listet eine Auswahl möglicher Substrate und die Koeffizienten auf :

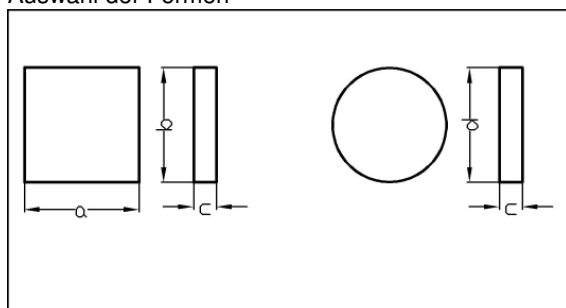
Substratmaterial	Ausdehnungskoeffizient	Temperaturbereich
B270	$9,5 \cdot 10^{-6} / K$	20 ÷ 300 °C
N-BK7	$8,3 \cdot 10^{-6} / K$	20 ÷ 300 °C
Zerodur	$0,1 \cdot 10^{-6} / K$	20 ÷ 300 °C
Quarzglas	$0,6 \cdot 10^{-6} / K$	0 ÷ 300 °C
Borofloat	$3,25 \cdot 10^{-6} / K$	0 ÷ 300 °C
Silizium	$3,7 \cdot 10^{-6} / K$	0 ÷ 300 °C
Kupfer	$16,5 \cdot 10^{-6} / K$	20 °C

4.1. Planspiegel

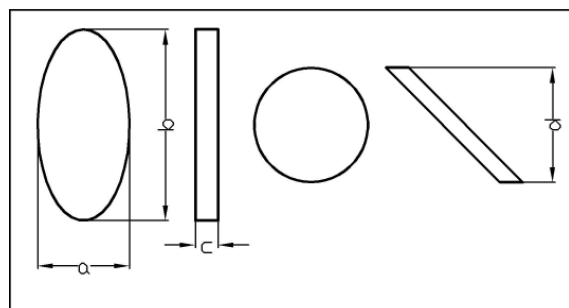
Planspiegel werden in den unterschiedlichsten Formen und Größen entsprechend kundenspezifischer

Anforderungen hergestellt. Optional können die Spiegel auch mit Bohrungen versehen werden.

Auswahl der Formen



Rechteck- oder Kreis-Form

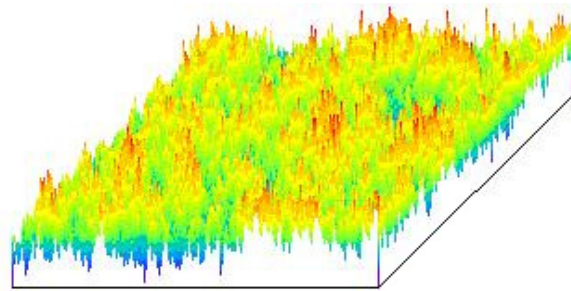


Elliptische Formen

Wir produzieren Spiegel mit Formgenauigkeiten (Passe) im nm-Bereich und Politurgütern, die sich im Sub-Nanometer-Bereich bewegen. Insbesondere für Anwendungen im UV-Bereich sind spiegelnde Oberflächen mit einer extrem geringen Rauheit für ein gutes Reflexionsverhalten von Bedeutung.

Die Rauheit kann über folgende Angaben beschrieben werden:

- Die **mittlere Rauheit R_a** gibt den mittleren Abstand eines Messpunktes auf der Oberfläche zur Mittellinie an. Die Mittellinie schneidet innerhalb der Bezugsstrecke das wirkliche Profil so, dass die Summe der Profilabweichungen (bezogen auf die Mittellinie) minimal wird.
- Der **quadratische Mittenrauhwert R_q** (englisch *rms-roughness* = *root-mean-squared roughness*: Wurzel des Mittelquadrates) wird aus dem Mittel der Abweichungsquadrate berechnet und entspricht dem „quadratischen Mittel“



755628 nm x 588872 nm
 Rms: 0.637 nm
 Ra: 0.467 nm
 P-U: 69.541 nm

Beispiel einer Rauheitsmessung (RMS < 0,7 nm):

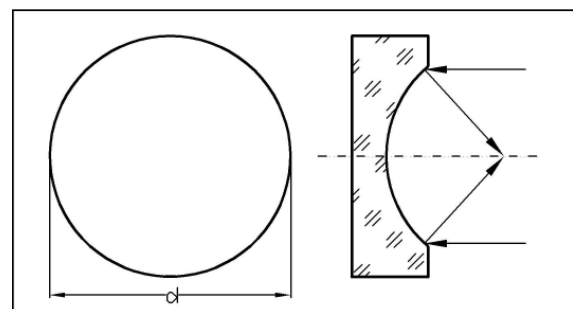
Technische Daten – Planspiegel	
	Standardwerte
Substratmaterial	Kundenspezifikation
Maßbereich (Durchmesser, Kantenlänge)	4 ÷ 200 mm
Maßtoleranz	-0,1 bis -0,3 mm
Aktive Fläche (Freie Apertur)	90 %
Dickentoleranz	± 0,1 mm
Planität (633 nm)	1 λ pro Zoll
Oberflächenqualität (scratch – dig)	60 – 40
Beschichtung	Kundenspezifikation
Fassung	Kundenspezifikation

Planspiegel können, angepasst an die Anforderungen, auch in anderen Qualitätsstufen gefertigt werden. Beispiel : 10-5 ; λ/10 (633 nm) Optional mit Bohrungen

4.2. Sphärische Spiegel

Die aktive Fläche sphärischer Spiegel ist Teil einer Kugelfläche. Fällt paralleles Licht auf die innere, konkave Seite des Spiegels, wird es reflektiert und in dem Brennpunkt des Spiegels vereinigt. Der Spiegel wird als **Hohlspiegel oder Konkavspiegel** bezeichnet.

Trifft paralleles Licht auf die äußere, konvexe Spiegelseite, wird es reflektiert und divergiert. Spiegel in dieser Anwendung werden als **Wölbspiegel oder Konkavspiegel** bezeichnet.



Plankonkavspiegel

Technische Daten – Sphärische Spiegel	
	Standardwerte
Material	Kundenspezifikation
Durchmesserbereich	5 ÷ 150 mm
Durchmessertoleranz	-0,1 bis -0,3 mm
Aktive Fläche (Freie Apertur)	90 %
Dickentoleranz	± 0,1 mm
Brennweitenbereich	10 ÷ 2000 mm
Toleranz der Brennweite	± 1 %
Radiustoleranz	± 1 %
Zentrierung	3 ÷ 10 arcmin
Formgenauigkeit (633 nm)	$\lambda/4$
Oberflächenqualität (scratch – dig)	60 – 40
Beschichtung	Kundenspezifikation
Fassung	Kundenspezifikation

Sphärische Spiegel können, angepasst an die Anforderungen, auch in anderen Qualitätsstufen gefertigt werden. Beispiel : 10-5 ; $\lambda/10$ (633 nm)

4.3. Spiegelbeschichtungen

4.3.1. Metallische Spiegelschichten

Metallbeschichtungen sind in ihrer reflektierenden Wirkung nur geringfügig von der Wellenlänge, der Polarisation und dem Winkel des einfallenden Lichtbündels abhängig. Wichtige Materialien sind Aluminium, Silber und Gold.

Aluminiumschichten sind empfindlich gegenüber einer allmählichen Oxydation. Aus diesem Grund werden sie in der Regel mit einer Schutzschicht aus z.B. SiO₂ oder MgF₂ überzogen.

MgF₂ findet für den UV- und VIS-Bereich Anwendung und SiO₂ für den VIS-NIR-Bereich.

Gold beschichtete Spiegel können je nach Anwendung mit und ohne Schutzschicht geliefert werden. Silberbeschichtungen werden vorrangig bei Rückflächenspiegeln aufgetragen.

Abhängig von der Wellenlänge liegt die Reflexion zwischen 85 und 98 % eingesetzt.

Metallische Spiegelschichten	
Wellenlängenbereich	Standardbeschichtung
UV	Aluminium (optional MgF ₂ -Schutzschicht)
VIS, NIR	Aluminium, Silber (optional mit SiO ₂ - oder Y ₂ O ₃ -Schutzschicht)
IR, FIR	Gold (optional mit Y ₂ O ₃ -Schutzschicht)

4.3.2. Dielektrische Spiegelschichten

Dielektrische Spiegel weisen im Vergleich zu metallischen Spiegeln einen höheren Reflexionsgrad auf und sind mechanisch stabiler, so dass keine Schutzschicht erforderlich ist. Es ist zu beachten, dass dielektrische Schichten eine Wellenlängenabhängigkeit aufweisen und in ihrem Reflexionsverhalten auch abhängig sind vom Polarisationszustand und dem Einfallswinkel.

Mit dielektrischen Beschichtungen ist eine sehr große Vielfalt von Reflexionskurven realisierbar. Prinzipiell unterscheiden sich die Schichten nach der Wellenlängenabhängigkeit (V-Typ, Breitband). Spezielle Charakteristika, wie z.B. Optimierung für zwei Wellenlängen oder Kombination mit einer Strahlteilerwirkung können realisiert werden.

Dielektrische Spiegelschichten (V-Typ)		
Spektralbereich	Wellenlängenbereich	Reflexionsgrad
Einfallswinkel 0°		
UV	248 ÷ 300 nm	>98,0 %
	300 ÷ 400 nm	>99,5 %
VIS	400 ÷ 800 nm	>99,7 %
NIR	800 ÷ 1600 nm	>99,7 %
Einfallswinkel 45°		
UV	248 ÷ 300 nm	> 97,0 %
	300 ÷ 400 nm	> 98,0 %
VIS	400 ÷ 800 nm	>99,0 %
NIR	800 ÷ 1600 nm	>99,0 %

Beispiele für Reflexionskurven

