

Whitepaper

Rahmenloser Spiegelhalter und Einsatz von Keramiksubstrat



Abbildung 1: Rahmenloser Spiegelhalter. Links ist eine Variante auf Quarzglas zu sehen. In der Mitte und Rechts ein Spiegeldesign auf einem Keramiksubstrat realisiert.

Bei herkömmlichen optischen Spiegelhalterungen wird der Spiegel geklemmt. Durch das Einspannen entstehen mechanische und thermische Instabilitäten, die bei präzisen optischen Aufbauten zu Störungen bei den Messungen führen. Ein „rahmenloses System“ bietet besonders bei kleinen Bauräumen den Vorteil, dass die gesamte Spiegellapertur genutzt werden kann. Realisiert wird das rahmenlose Design durch ein sehr dickes Substrat, welches die Befestigung an einer üblichen Spiegelhalterbasis erlaubt. Durch drei Feingewindeschrauben an der Rückseite der Basis kann der Halter wie gewohnt präzise um zwei Achsen justiert werden. Bereits getestete Spiegel weisen eine hohe Laserzerstörungsschwelle (LDT) von bis zu $26,5^1 \text{ J/cm}^2$ auf. Die „rahmenlose Halterung“ ist nicht auf Spiegel beschränkt, sondern kann auch für Prismen und Strahlteiler angewendet werden.

Vorteile einer rahmenlosen Halterung

1. Vermeiden von Spannungen auf dem Spiegel
2. Geringe Thermische Einflüsse über ein Keramiksubstrat
3. Nutzung der vollen Spiegellapertur bei minimalen Bauraum

¹ Laser mit folgenden Parametern: Wellenlänge mit 1064 nm, Pulsdauer von 10 ns und eine Repetitionsrate von 20 Hz.



Whitepaper

1. Vermeiden von Spannungen auf dem Spiegel

Das dielektrische Schichtdesign wird direkt auf das Substrat des Spiegels über eine Ionenstrahlsputteranlage abgeschieden. Weil eine weitere Klemmung der Spiegel entfällt, können Ebenheiten von bis zu $\lambda/25$ nach Montage der Halter erzielt werden. In Abbildung 2 sind die Messungen eines Interferometers zu sehen, dabei erzielt der rahmenlose Spiegel eine gute Ebenheit.

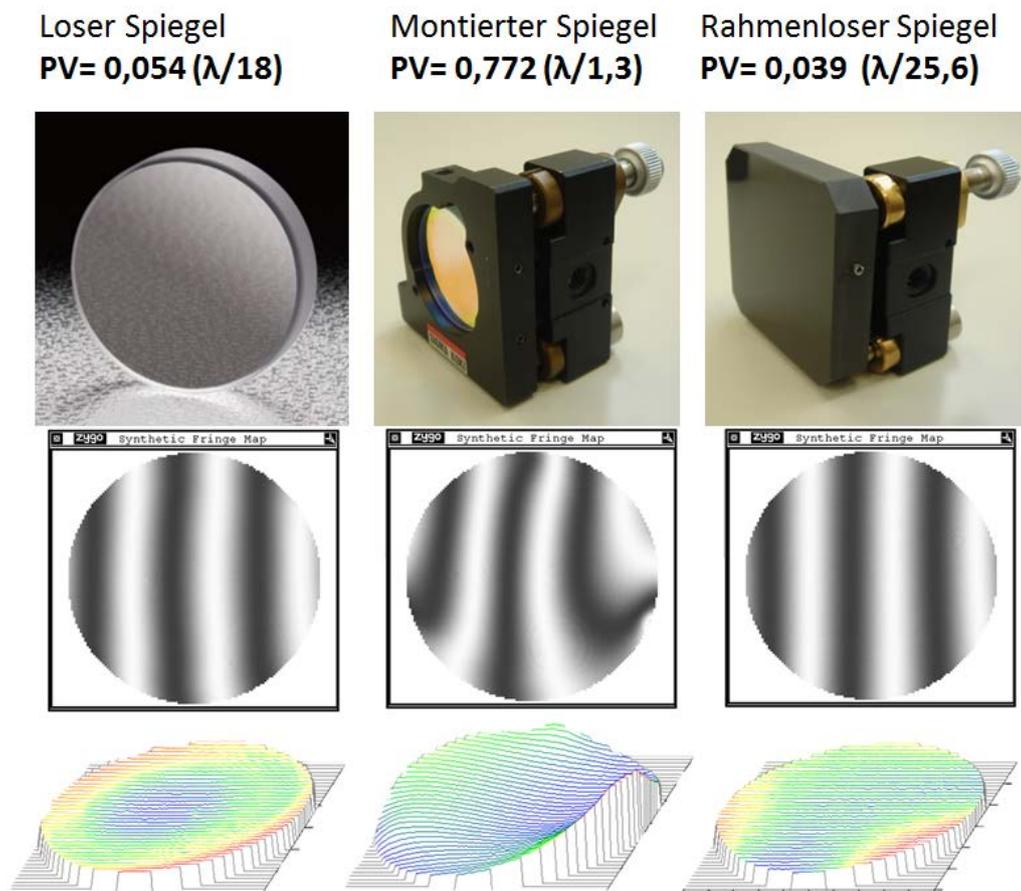


Abbildung 2: Vergleich der Ebenheiten eines losen, montierten eines rahmenlosen Spiegels. Dabei weist der rahmenlosen Spiegel die kleinsten Ebenheitsabweichungen auf. Der runde Spiegel besitzt einen Durchmesser von 25 mm, der rechteckige rahmenlose Spiegel weist Abmessungen von 24,4 mm auf 25,0 mm auf.

2. Geringe thermische Einflüsse

Als Grundsubstrat der halterlosen Spiegel können unterschiedlichste Glasmaterialien eingesetzt werden. Keramiken weisen jedoch einzigartige Eigenschaften auf, aufgrund derer Sie für anspruchsvolle Anwendungen den üblichen Glasmaterialien vorzuziehen sind: Durch den geringen Wärmeausdehnungskoeffizient sind Keramikmaterialien sehr stabil gegenüber Temperaturschwankungen. Zudem ist neben erstklassigen thermischen Eigenschaften eine extrem hohe Festigkeit gegeben. Verspiegelungsbeschichtungen bestehen aus einer Vielzahl sehr dünner

Whitepaper

Schichten, durch deren Aufbringung auf dem Substrat teils hohe Spannungen erzeugt werden können, die vor allem die Substrat-Ebenheit beeinflussen. Hohe Härte und Festigkeit des Substrates minimieren diese Produktionseinflüsse, die sich anderweitig kaum vermeiden bzw. kontrollieren lassen. In Tabelle 1 ist eine Übersicht von gängigen Substratmaterialien aufgeführt.

	Keramik	Zerodur ² Schott	ULE 7971 ³ Corning	Quarzglas ⁴
Dichte in g/cm ³	2,36	2,53	2,21	2,20
Elastizitätsmodul in GPa	120	91	67,6	75
Festigkeit in E/ρ	50,8	35,6	30,7	—
Bruchfestigkeit in MPa	210	50	50	94,3
Bruchzähigkeit in MPa	1,2	0,8	—	—
Härte in GPa	8,1	6,6	4,5	—
Wärmeausdehnungskoeffizient in $\frac{10^{-6}}{K}$	<0,02	0,15	0,03	0,55

Tabelle 1: Übersicht der physikalischen Eigenschaften von ausgewählten optischen Werkstoffen. Dabei weist die Keramik einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizient auf.

3. Nutzung der vollen Spiegelapertur bei minimalen Bauraum

Der Einsatz herkömmlicher Spiegel-Halter führt im Randbereich des Spiegels häufig zu einem Schattenwurf des Halters. Dadurch geht ein bestimmter Prozentsatz der freien Apertur verloren. Bei engen Aufbauten oder fest installierten Geräten müssen dann entweder größere Optiken verwendet oder andere Kompromisse eingegangen werden. Der rahmenlose Spiegel hingegen erlaubt die Nutzung der kompletten Spiegel-Oberfläche – selbst für Anwendungen mit flachem Einfallswinkel des Lichts auf dem Spiegel. Abbildung 3 erklärt die Komponenten des rahmenlosen Spiegels.

² Schott

³ Corning

⁴ Naumann, H.: Handbuch Bauelemente der Optik, München 2014, S. 65

Whitepaper

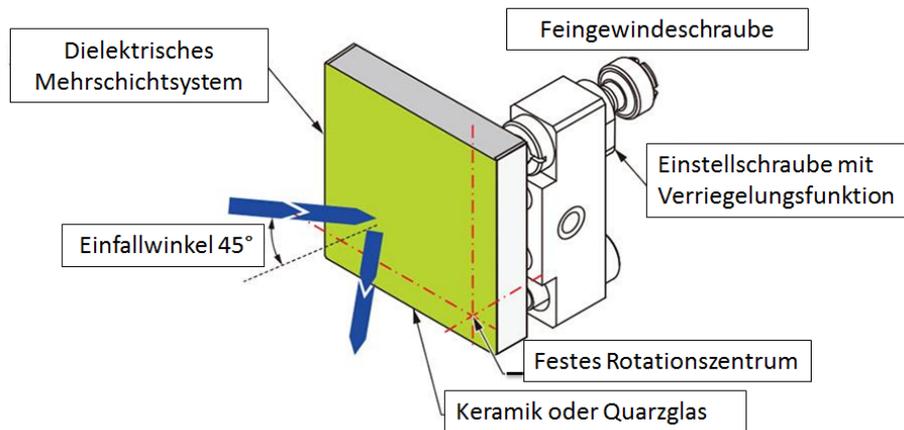


Abbildung 3: Technische Zeichnungen des rahmenlosen Spiegelhalters und seine verschiedenen Komponenten.