

Beam-Sampling-Methoden und deren Auswirkungen

Auskoppeln zum Qualitätscheck

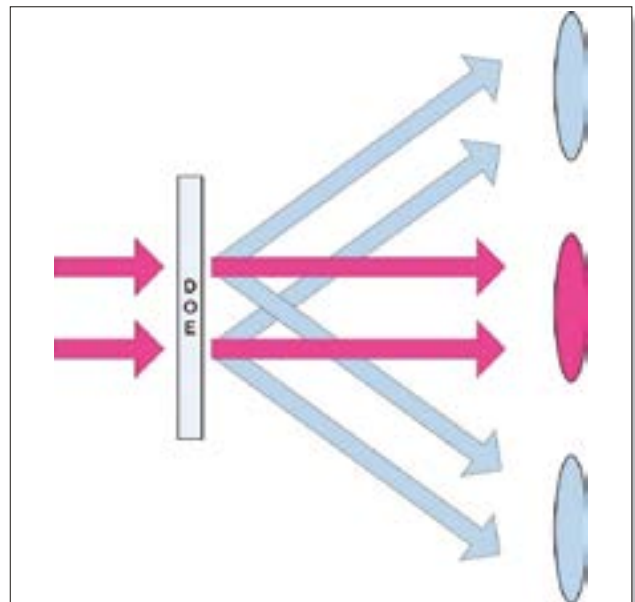
Bei laserbasierten Anwendungen ist es sinnvoll, eine Überwachung des austretenden Laserstrahls vorzunehmen, um Strahlprofil und -leistung zu beurteilen. Diese haben einen ausschlaggebenden Einfluss auf die Qualität des Ergebnisses des zu bearbeitenden Werkstücks. Für die Messung der Leistung und des Strahlprofils sind Diffraktive Beam-Sampler eine elegante Alternative zu konventionellen Strahlteilern. Durch kontinuierliche Weiterentwicklung finden diese Elemente ein immer breiteres Anwendungsfeld und sind insbesondere als Serienbauteil für viele Kunden nicht mehr wegzudenken.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, den Laserstrahl eines Lasersystems zu beurteilen. Im Offline Verfahren werden Informationen über Strahlprofil oder Laserleistung durch Unterbrechung des Laserstrahls ermittelt. Zeitliche Veränderung der Lasermerkmale, die zum Beispiel durch thermische Effekte variieren, können durch diese Methode nicht detektiert werden. Beim Inline Verfahren wird dagegen ein Teil des Hauptlaserstrahls während des Bearbeitungsprozesses ausgekoppelt und detektiert. Der ausgekoppelte Strahl besitzt lediglich einen Bruchteil der Leistung des Hauptstrahls. Somit können während der eigentlichen Laserbearbeitung Messungen an dem leistungsschwachen Teilstrahl vorgenommen werden. Dies ermöglicht eine sofortige Korrektur der Laserparameter.

Um Messungen ‚inline‘ durchzuführen, können sowohl diffraktive Beam-Sampler als auch konventionelle Strahlteiler eingesetzt werden. Unter konventionellen Strahlteilern werden Komponenten verstanden, die mittels einer teildurchlässigen dielektrischen Beschichtung einen Teil des Hauptstrahls über eine definierte Reflexion auskoppeln. Bei diffraktiven Beam-Samplern (DOE) handelt es sich um Fenster oder Spiegel mit einem geätzten Raster. Die Gesamt-Charakteristik des diffraktiven Beam-Samplers ist unverändert zu denen des Grundmaterials, was die Verwendung in Kombination mit hohen Laserleistungen erlaubt. Durch die diffraktive Struktur werden Beugungsordnungen erzeugt. Die Nebenordnungen erhalten dabei eine definierte Ablenkung während der Hauptanteil des Strahls unverändert bleibt.

Diffraktive Beam-Sampler bringt im Vergleich zu herkömmlichen Strahlteilern eine Menge von Vorteilen mit sich:

- Hohe Zerstörschwelle: Das Element besteht aus Quarzglas oder ZnSe mit geätzter Struktur. Dadurch, dass keine weiteren Materialien aufgebracht sind, ergeben sich sehr hohe Zerstörschwellen, die vergleichbar mit Laserfenstern sind.
- Hohe Effizienz: Obgleich es sich um ein einfaches binäres Gitter handelt, liegt die Beugungs-Effizienz bei nahezu 100 Prozent.
- Konstanter Sampling-Anteil: Anders als bei konventionellen Strahlteilern, ist der Auskoppelgrad bei diffraktiven Beam Samplern unabhängig von der Energie und der Polarisation des Lasers.
- Redundante Leistungsmessung oder zusätzliche Strahlprofilmessung: Die +1. und -1. Beugungsordnung sind bei den diffraktiven



Optik

Funktion	Strahlteiler	Diffraktiver Beam Sampler
Auskoppelwinkel	90° zum Hauptstrahl, kundenspezifische Winkel möglich	Typisch geringe Grad vom Hauptstrahl, kundenspezifische Winkel möglich
Effizienz	Verluste nur an zweiter Fläche mit AR R=0,2%	Typische Effizienz mit AR 98%, Rest in den Nebenordnungen
Polarisations- abhängigkeit/ Wellenlängen- abhängigkeit	Reflexion abhängig von der Polarisationsrichtung Oberflächeneinstand konstant	Unabhängig, Änderung $\pm 1\%$ vom ausgekoppelten Strahl Separationswinkel und Auskoppelgrad gelten jeweils nur für eine Wellenlänge
Strahlversatz	Verfälscht durch 45° Einfallswinkel	Keine
Parallele Messung von Leistung und Strahlprofil	Nur über zweiten Strahlteiler	Möglich zum Beispiel in +1 und -1 Ordnung
Strahlprofil des Messstrahls	Veränderung durch 45° Einfallswinkel möglich	Identisch zu Hauptstrahl
Stabilität des Auskoppelgrades bei Serienfertigung	Typische Schwankungen bei $\pm 0,5\%$	Sehr kleine Schwankungen

Beam Samplern jeweils identisch und können dadurch für eine redundante Leistungsmessung verwendet werden. Alternativ kann zum Beispiel die +1. Beugungsordnung für die Powermessung genutzt werden und die -1. Ordnung für die Strahlprofilüberprüfung.

- Optionale AR-/AR-Beschichtung: Die Auswirkung der optionalen AR-/AR-Beschichtung ist unkritisch, verglichen mit Beschichtungen bei dielektrischen Strahlteilern. Bei einer Veränderung der Reflexion (beispielsweise durch thermische Effekte) von zum Beispiel 0,1 Prozent auf 0,2 Prozent bleibt bei diffraktiven Beam-Samplern das Sampling-Verhältnis erhalten. Beim Strahlteiler hingegen verändert sich das Teilungsverhältnis und ist somit nicht mehr stabil über die Energie – im angegebenen Beispiel verdoppelt es sich sogar.

Bei der Wahl eines Diffraktiven Optischen Elementes sind verschiedene Dinge zu berücksichtigen, insbesondere die Wellenlänge, die Beugungsordnungen und Sampling-Verhältnisse sowie die Wahl der Strahlfälle. Die diffraktiven Beam Sampler haben einen festen Abstrahlwinkel und Auskoppelgrad in Abhängigkeit von der Design-Wellenlänge. Soll ein Element für mehrere Wellenlängen verwendet werden so ist dies möglich, es müssen jedoch andere Abstrahlwinkel und Auskoppelgrade berücksichtigt werden.

Das diffraktive Element kreiert verschiedene Beugungsordnungen. Die höchste Intensität liegt in der 0. Beugungsordnung, die den Strahl unbeeinflusst lässt. Bei den ersten Ordnungen (± 1 . Beugungsordnung) ist der Auskoppelgrad am größten. Dieser beruht auf dem Design und kann kundenspezifisch gefertigt werden. Und was die Strahlfälle betrifft, sollten beim Einsatz der diffraktiven Beam Sampler mit High-Power Lasern Strahlfälle für die höheren ungewünschten Ordnungen eingeplant werden.

www.lasercomponents.com Halle B1 Stand 442

Die Funktion eines Beam-Samplers. Die Komponente ist lotrecht zum Eingangstrahl positioniert. Der Sampler hat bis auf eine geringe Intensitätsreduzierung keinen Einfluss auf den Hauptstrahl (pinkler Strahl). Ein kleiner, vom Kunden definierter Prozentsatz der Gesamtenergie wird in höhere Beugungsordnungen abgelenkt. Diese stellen bezüglich des Strahlprofils eine exakte Kopie des Hauptstrahls dar.