

Verschiedene Strahlteiler und deren Einsatzgebiete

Welches Produkt für welche Anwendung

Bei der Arbeit im Labor oder im industriellen Einsatz ist es sehr häufig notwendig einen Laserstrahl in 2 oder mehrere Teilstrahlen unterschiedlicher Leistung zu teilen. Der gängigste Fall ist dabei sicher die Trennung in 2 Strahlen mit möglichst exakt gleicher Leistung. Für diese Anwendungen gibt es eine Vielzahl von Strahlteilern, die jedoch alle unterschiedliche Vor- und Nachteile aufweisen. Die nachfolgenden Überlegungen sollen dem Laseranwender einen Überblick über die Möglichkeiten geben und eine Hilfe sein um die richtige Wahl treffen zu können.



1.) Klassische Strahlteiler:

Er wird gefertigt für eine Wellenlänge und eine festgelegte Polarisation. Das heißt das dielektrische Coating wird so gefertigt, dass es z.B. eine Reflektion von 80% für s-pol. Licht bei 1064 nm ergibt. Wird das gleiche Bauteil mit p-pol. Licht benutzt, so ergibt sich eine völlig andere Reflektion von typisch um die 50%. Der Kunde muss daher sicherstellen, dass die Polarisation des Lasers fix ist und sich im Betrieb nicht ändert. Im Bild 1 finden Sie eine entsprechende Simulation für einen klassischen Strahlteiler BS1064/45 S80/AR.

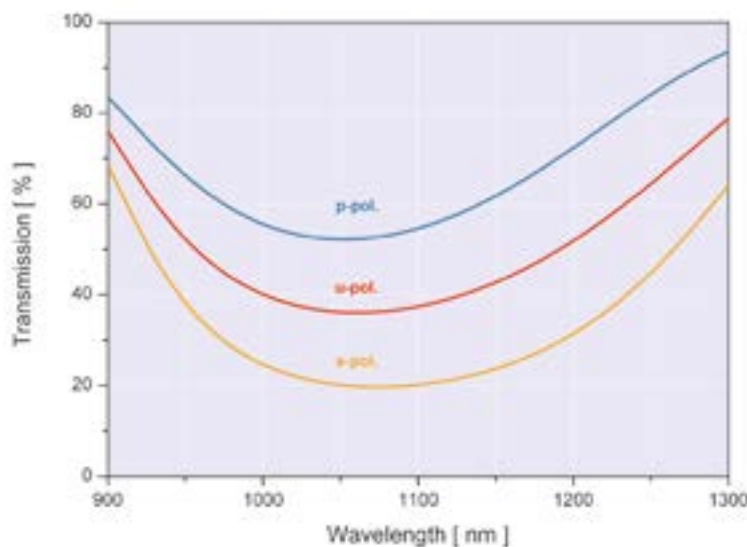


Bild 1: Strahlteiler Coating für R = 80 % optimiert für s-polarisiertes Licht

2.) Polarisationsunabhängige Strahlteiler:

Es gibt Anwendungen, in denen für beide Polarisationszustände die gleiche Reflektion gewährleistet sein muss, wenn sich die Polarisation zum Beispiel laufend ändert. Dann kann man auf polarisationsunabhängige Strahlteiler zurückgreifen. Dabei handelt es sich um spezielle Beschichtungen, die mit IBS-Technik (Ion Beam Sputter) gefertigt werden. Dieses Coating ist aufwendiger und damit teurer, doch es sind engere Toleranzen möglich und komplexere Wünsche können damit überhaupt erst erfüllt werden. Im Bild 2 finden Sie eine Simulation für den wohl gängigsten Fall mit $R = 50\%$ für s-pol. und p-pol. Licht. Durch ein spezielles Design wird gewährleistet, dass die Reflektion für beide Polarisierungen und bei einer Wellenlänge gleich ist.

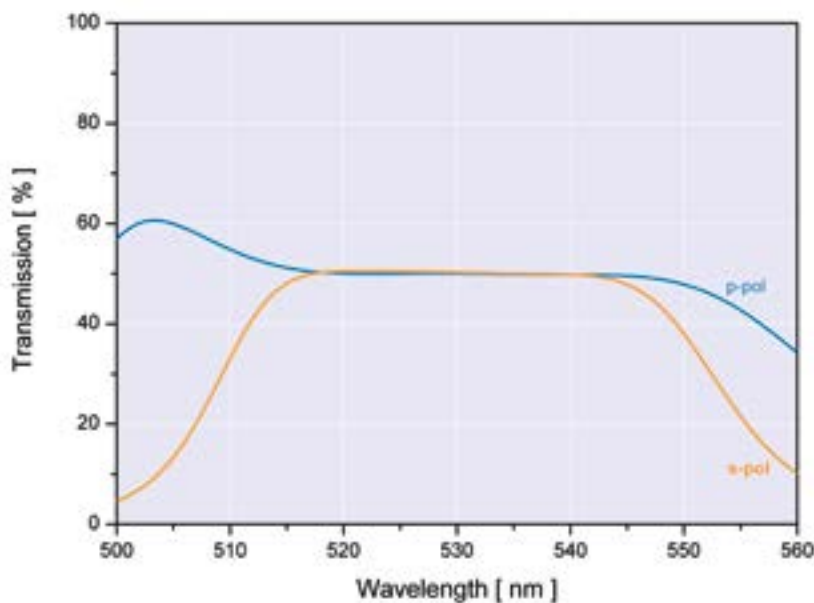


Bild 2: polarisationsunabhängiger Strahlteiler für $R = 50\%$ optimiert für s- und p-polarisiertes Licht

Alle oben genannten Strahlteiler werden für einen bestimmten Reflektionswert gefertigt. Möchte man die Reflektionswerte ändern, dann muss man die Strahlteiler durch andere ersetzen. Jeder Strahlteiler besitzt ferner eine Fertigungstoleranz und vor allem Werte um 50% sind schwierig herzustellen. Kleinste Abweichungen in der Produktion ergeben selbst bei einer IBS Schicht eine Toleranz von $\pm 1\%$ oder $\pm 2\%$.

Dies kann ein Problem sein, wenn eine Anwendung die absolut gleiche Leistung am Werkstück braucht. Doch auch hier haben wir eine optimale Lösung für Sie entworfen, den variablen Strahlteiler.

3.) Variable Strahlteiler:

Es handelt sich um eine Ionen unterstützte Beschichtungstechnik, die einen „Verstell-Bereich“ von typisch 45% bis 55% gewährleistet. Der Strahlteiler ist so beschichtet, dass die Reflektivität kontinuierlich über den Ort variiert. Somit kann der Anwender durch das Verfahren des Strahlteilers eine Regelung der Laserleistung erreichen. Dadurch können feinste Korrekturen vorgenommen und am Ende die exakt gleiche Leistung bei der Aufteilung in 2 Laserstrahlen gewährleistet werden. Die dargestellte Kurve in Bild 3 zeigt den beispielhaften Reflexionsverlauf über den Ort. Die verwendete Beschichtung ist mit einer IAD-Technik (Ion Assisted Deposition) gefertigt; sie zeigt daher keine nennenswerte Drift. Durch die aktive Einstellung kann der Laserstrahl nicht nur sehr genau, sondern auch ohne Absorptionsverluste aufgeteilt werden. Auch dieses Coating ist für high Power Laseranwendungen ausgelegt.

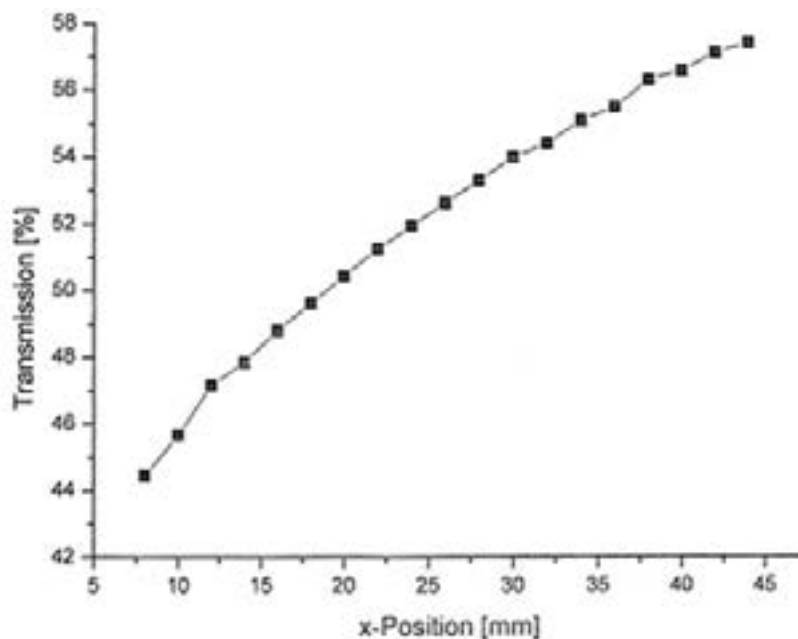


Bild 3: variabler Strahlteiler für $R = \sim 45\% - 55\%$ optimiert für unpolarisiertes Licht

4.) Strahlteilerwürfel:

Strahlteilerwürfel werden gerne dann zur Leistungsaufteilung verwendet, wenn kein Strahlversatz gewünscht ist, so wie das bei einer Teilerplatte der Fall ist. Ein klassischer Strahlteilerwürfel wird für eine Wellenlänge und festgelegte Polarisation gefertigt. Eine entsprechende dielektrische Beschichtung wird dabei auf der „Hypotenuse“ des Würfels aufgebracht, während die Außenflächen des Würfels entspiegelt sind. Das heißt es sind mindestens 3 AR-Schichten und eine Strahlteiler-Schicht nötig. Daher sind Strahlteilerwürfel auch teurer als Teilerplatten. In Bild 4 sieht man schematisch die Trennung eines Laserstrahls in 2 Anteile. Die Aufteilung ist dabei beliebig möglich. Ähnlich wie bei Teilerplatten muss eine Polarisation gewählt werden.

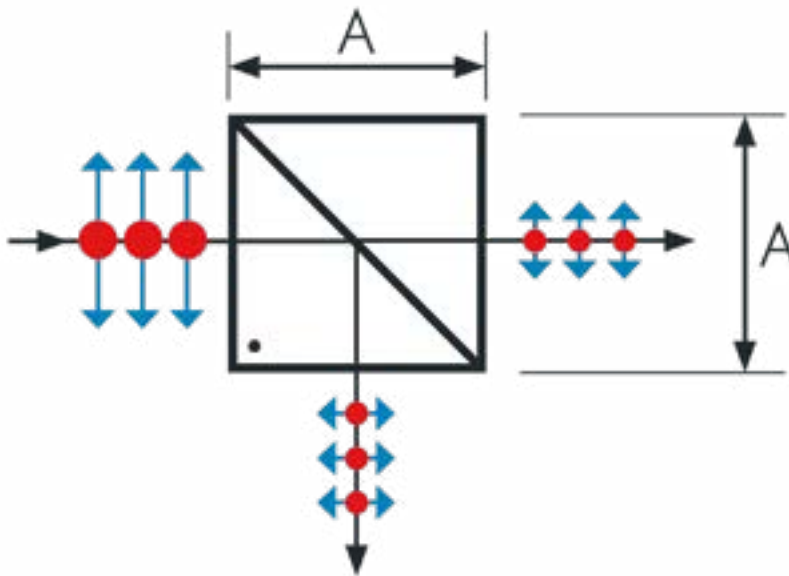


Bild 4: Strahlteilerwürfel

5.) Polarisierende Strahlteilerwürfel:

Polarisierende Strahlteilerwürfel werden immer dann eingesetzt wenn eine Leistungstrennung durch die gezielte Verwendung der Polarisation durchgeführt werden kann. Für Laser mit nur geringen Energie- und Leistungsdichten werden gekittete Würfel verwendet. Für Hochleistungsanwendungen stehen jedoch auch optisch kontaktierte Polarisationsstrahlteilerwürfel zur Verfügung, die Zerstörschwellen über 10 J/cm^2 (10 ns, 10 Hz, 1064 nm) bieten. In Kombination mit einer $\lambda/2$ Verzögerungsplatte kann ein Polarisationsstrahlteilerwürfel zur Leistungsregelung verwendet werden. Breitbandige Versionen sind vor allem bei gekitteten Strahlteilerwürfeln, dann aber nur für „Low Power“ Anwendungen, verfügbar. In Bild 5 sieht man schematisch die Trennung eines unpolarisierten Laserstrahls in die s-pol. und p-pol. Anteile.

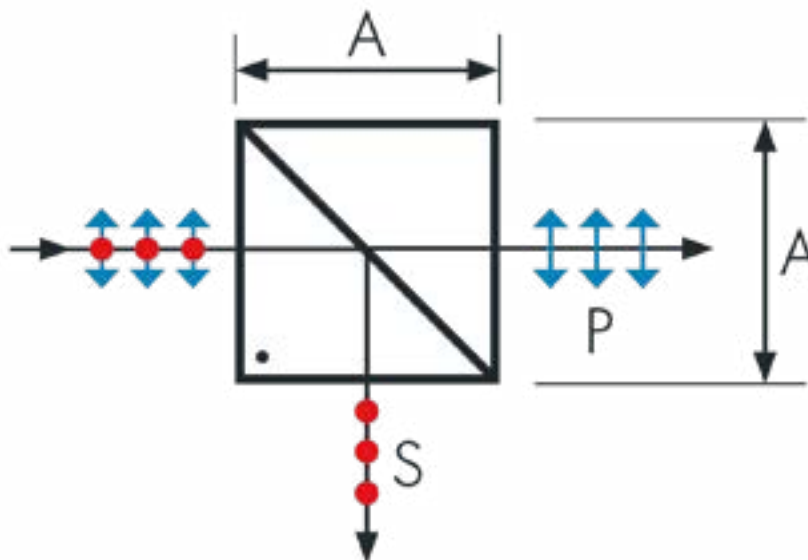


Bild 5: Polarisierender Strahlteilerwürfel

6.) Diffraktive Strahlteiler:

Diffraktive Strahlteiler sind vor allem dann von Vorteil, wenn die Laserleistung in viele gleiche Strahlen aufgeteilt werden soll oder wenn eine sehr genaue Leistungsaufteilung notwendig ist. Zusätzlich kann eine präzise Positionierung erreicht werden, um zum Beispiel Löcher in genau definierten Abständen zu erzeugen (Perforation). Es ist möglich Teilstrahlen in 1 oder sogar in 2 Dimensionen zu erzeugen.

Ein großer Vorteil ist, dass das System sehr kompakt ist, da man mit nur einem Element eine Aufteilung in z.B. 3×3 also 9 Spots oder 9×9 also 81 Spots erreichen kann. Es ist zu erwähnen, dass diese Elemente für die Verwendung mit high Power Lasern geeignet sind.

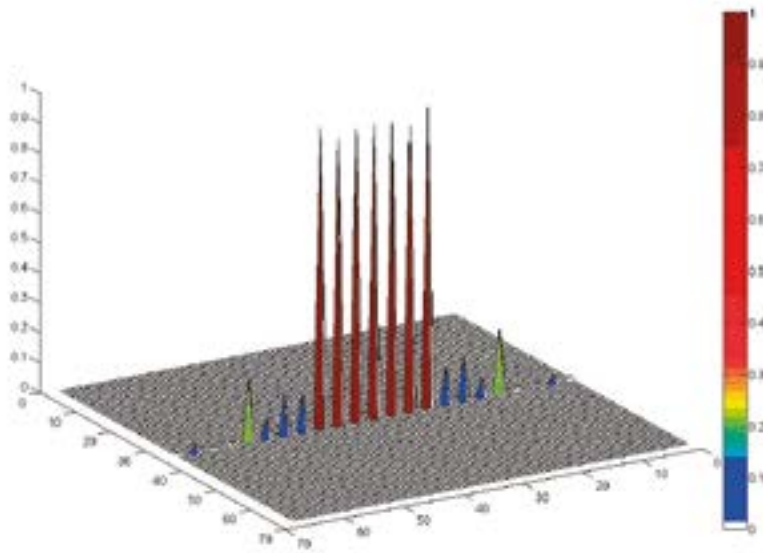


Bild 6: Diffraktiver Strahlteiler hier 1×7 Element (1-dimensional)

In Bild 6 sieht man ein Beispiel eines 1×7 Elements. Der einfallende kollimierte Strahl wird durch das diffraktive Element in 7 Teilstrahlen mit gleicher Intensität aufgeteilt. Je 2 benachbarte Teilstrahlen sind dabei immer durch den gleichen Winkel separiert. Zu erkennen sind auch die höheren Ordnungen mit geringen Intensitäten, die man durch eine Blende unterdrückt.

Man unterscheidet zwischen ein- und zweidimensionalen (1D/2D) Elementen. 1D-Elemente teilen Strahlen auf einer Linie, die 2D-Elemente dagegen erzeugen die Strahlen in einer Matrix von z. B. 2×2 oder 3×3 Spots. Neu sind DOEs, die eine hexagonale Anordnung der Spots aufweisen.