

Stabile Singlemode-Pigtails über weiten Temperaturbereich

Durch geschicktes Kombinieren von optischen und mechanischen Prinzipien kann die Leistungsstabilität fasergekoppelter Laserdioden-Systeme über einen weiten Temperaturbereich selbst bei rauen Umgebungsbedingungen gewährleistet werden.

Bianca Berrang, Gerd Müller
IMM Photonics

In vielen Bereichen der Photonik ist für einen Messlaser eine hohe Leistungsstabilität von großer Bedeutung und damit auch Garant für ein präzises Messergebnis. Werden darüber hinaus sehr gute Stahlparameter gefordert (TEM00-Mode, M^2 nahe 1) - wie dies in einer steigenden Zahl von Anwendungsfällen in Industrie und Forschung der Fall ist - kommt nur die Einkopplung in eine Singlemode-Faser in Frage (**Bild 1**).

Eine Änderung der Umgebungstemperatur bringt unweigerlich Veränderungen im Aufbau mit sich: Mechaniken, Optiken und Laserdiode dehnen sich aus bzw. ziehen sich zusammen und bewirken eine Veränderung der Positionen und Abstände zueinander. Zudem verändert sich die Kennlinie der Laserdiode über die Temperatur. Durch diese Verschiebungen kann sich die Koppeffizienz des gesamten Systems verändern.

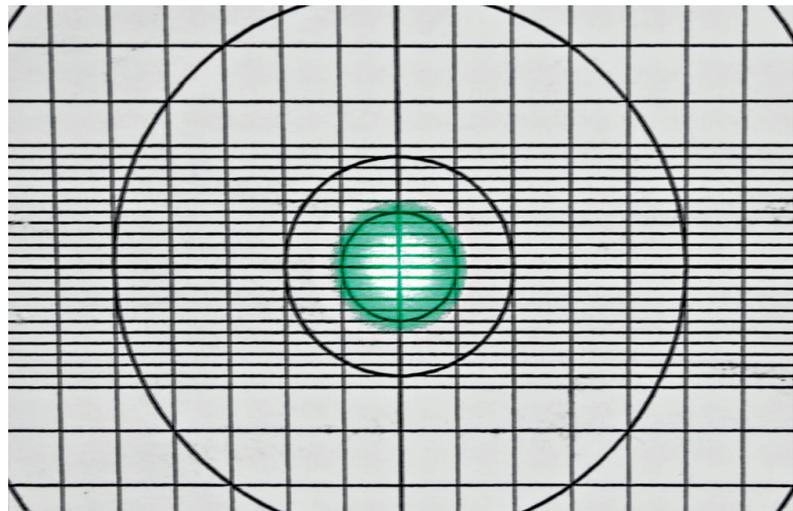


Bild 1: Hohe Strahlqualität (TEM00-Mode, M^2 nahe 1) bei Kollimation aus einem SM-Pigtail bei 515 nm

Es gibt nun verschiedene technische Möglichkeiten, um die Veränderung der Koppeffizienz möglichst gering zu halten. Weit verbreitet ist der An-

satz, den Laserdiodenaufbau mittels Peltierkühler (Thermoelectrical cooler – TEC) auf konstanter Temperatur zu halten. Hierbei ist ein Temperaturfühler an geeigneter Stelle des Aufbaus angebracht und liefert die Regelgröße. Verändert sich nun die Temperatur des Aufbaus, regelt das System den TEC-Strom nach, bis die vorher definierte Temperatur erreicht ist. Je stärker die Temperatur des Aufbaus von der definierten Temperatur abweicht, desto höher stellt sich der TEC-Strom ein. Mit diesem Ansatz können gute Leistungsstabilitäten erreicht werden. Jedoch ist der Aufbau relativ groß im Vergleich zu einem Aufbau ohne Peltierkühler. Zudem wird für den TEC eine zusätzliche Stromversorgung und Temperaturregelschaltung benötigt. Auch wenn ein solches System mechanisch stabil ausgefertigt wird, können Erschütterungen und Stöße zu einem Bruch der empfindlichen Stege des Peltierelementes und somit zu einem Systemausfall führen. Daher sind diese Systeme nur bedingt für den Einsatz in rauen Umgebungen geeignet. ➤

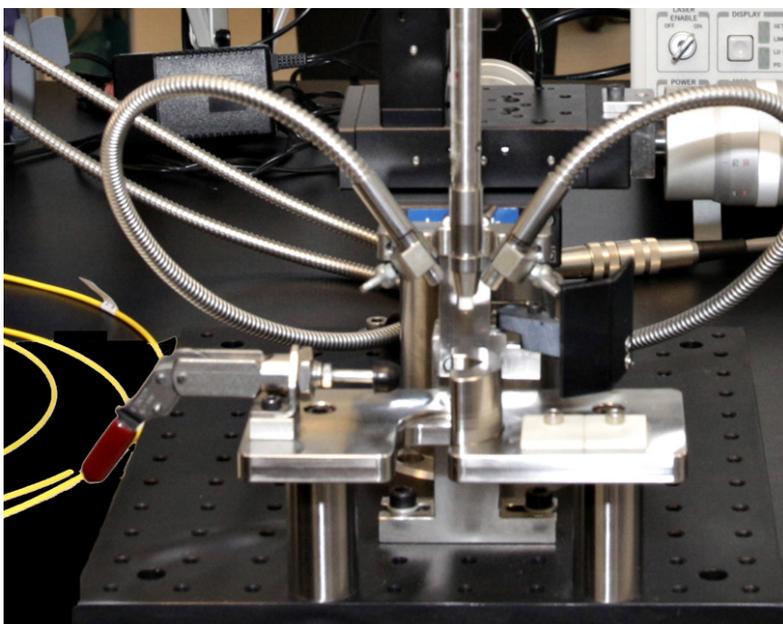


Bild 2: Justier- und Verklebungsvorrichtung zum Einstellen und Verkleben von Laserdioden

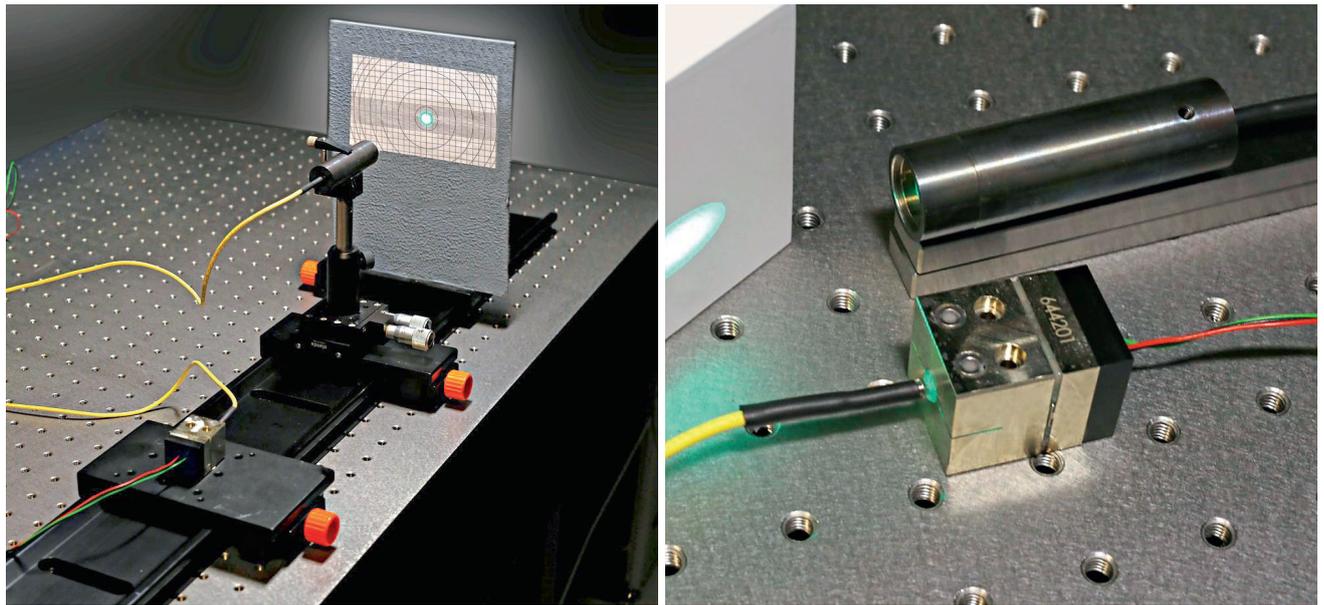


Bild 3: SM-Pigtail bei 515 nm kombiniert mit Kollimator für Anwendungen in der Laservermessung

Ein neuer Ansatz vereinigt eine geschickte Komponentenwahl mit speziellen Einstellschritten um eine signifikant bessere Leistungsstabilität zu erlangen. Dieses Konzept benötigt keinen TEC, ist sehr robust und kompakt gehalten und eröffnet so den Einsatz in neuen Anwendungsbereichen. Nebst der Strahlqualität steigt auch der Wunsch nach immer kleineren Formfaktoren. Vor allem bei mobilen Messsystemen, die in rauen Umgebungen eingesetzt werden, wird einerseits großer Wert auf die Ro-

bustheit und andererseits auf einen kompakten Aufbau gelegt. Als Beispiel kann hier die Geodäsie genannt werden. Hier kommt ein solcher Aufbau als Ziel-laser zum Einsatz. Es können dort hohe Temperaturschwankungen, sowie starke Erschütterungen auf Off-Road-Strecken auftreten. Diese müssen vom Messsystem und den darin befindlichen Komponenten ausgehalten werden (**Bild 3**).

Um eine stabile Einkopplung der Laserleistung über der Temperatur zu gewährleisten, sind einige wichtige Maß-

nahmen zu treffen. Der Pigtail-Aufbau sollte so wenig Komponenten wie nötig beinhalten, um evtl. Verschiebungen durch Temperaturdifferenzen so gering wie möglich zu halten. Idealerweise besteht der Aufbau aus einer Laserdiode als Strahlquelle, einer Strahl-optik, der einzukoppelnden Faser und einem Gehäuse, welches die Komponenten beinhaltet (**Bild 4**).

Die Laserdiode ist mechanisch und thermisch stabil an das Gehäuse gekoppelt. Dies wird mit Hilfe eines massiven

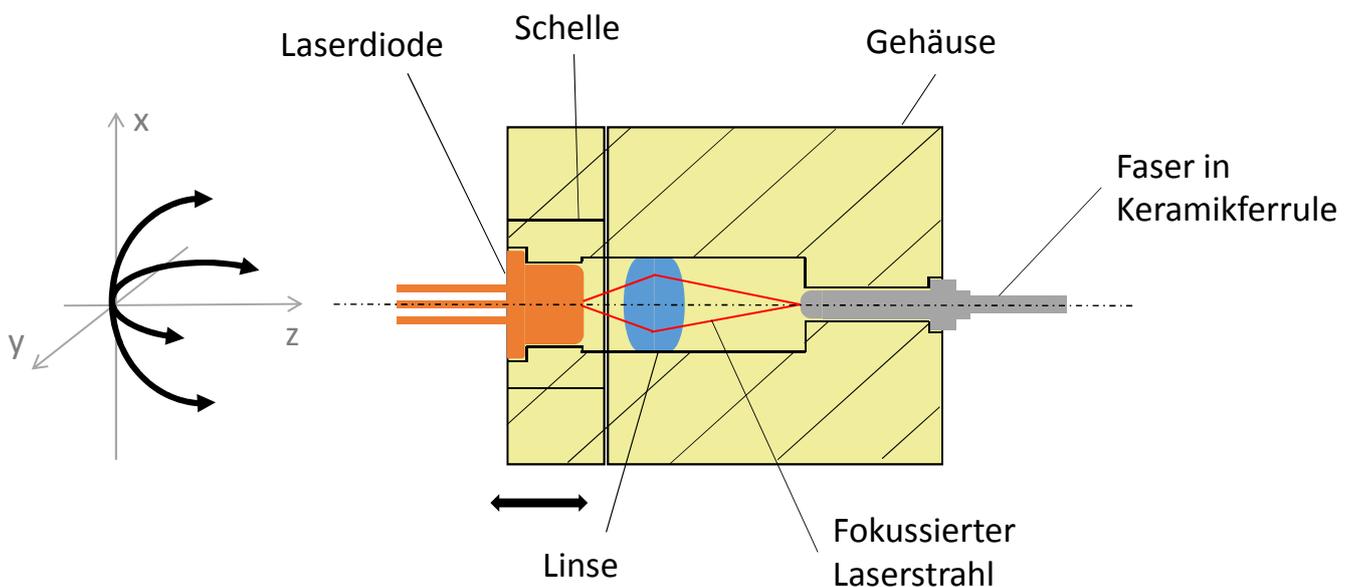


Bild 4: Funktionsprinzip des SM-Pigtails: Die Laserdiode emittiert divergentes Laserlicht. Mit Hilfe einer Linse wird der Laserstrahl auf den Faserkern fokussiert. Das einteilige Gehäuse fasst alle Komponenten. Verschiedene Stellschrauben (nicht eingezeichnet) sowie eine in das Gehäuse integrierte Schelle ermöglichen ein präzises Verschieben in der z-Achse und Verkippen der Laserdiode um die Drehachse.

rel. Leistung über Temperatur

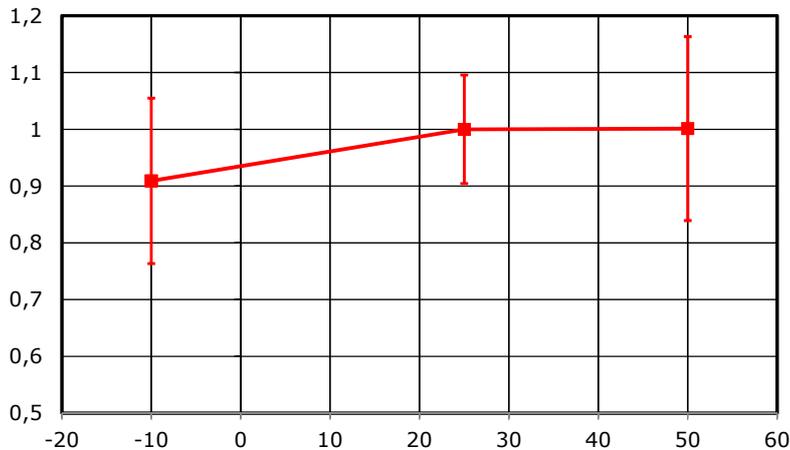


Bild 5: Auswertung der mittleren relativen Ausgangsleistung aus der Faser über der Temperatur mit Angabe der Standardabweichung von achtzig Singlemode Pigtails. Die Fehlerbalken entsprechen dabei \pm einem Sigma.

Metallgehäuses (ca. $25 \times 25 \times 35 \text{ mm}^3$) umgesetzt, welches Ausdehnungsunterschiede durch Umgebungstemperaturschwankungen aufnimmt. Eine in das Gehäuse integrierte Schelle umfasst die Laserdiode radial, so dass diese mechanisch fest mit dem Gehäuse verbunden ist. Darüber hinaus wird dadurch eine große Wärmesenke realisiert, die dem Temperaturgang der Laserdiode entgegenwirkt. Je zwei Durchgangs- und Gewindebohrungen ermöglichen ein sicheres Befestigen des Moduls am Einsatzort. So haben auch Vibrationen und mechanische Schocks vernachlässigbaren Einfluss auf die Leistungsstabilität.

Im Strahlengang befindet sich eine spezielle Glaskugel, die den divergenten Laserstrahl der Laserdiode direkt auf die Singlemode Faser ($\sim 3,5 \mu\text{m}$ Kerndurchmesser bei 635 nm) fokussiert. Die Faser wird während des Fertigungsprozesses aktiv eingestellt. So wird die Koppleffizienz maximiert (bis zu 50%). Das einteilige Gehäuse fasst alle Komponenten. Verschiedene Stellschrauben (nicht eingezeichnet) sowie eine in das Gehäuse integrierte Schelle ermöglichen ein präzises Verschieben in der z-Achse und Verkippen der Laserdiode um die Drehachse.

Das Singlemode Pigtail wird mit einer integrierten Ansteuerlektronik betrieben, die bei Bedarf auch modulierbar ist. Dadurch sind die Ausgangsleistung und der Stromverbrauch sowohl linear z. B. über ein DC-Signal als auch digital z. B. über Pulsweitenmodulation (PWM) steuerbar. Da das Modul ohne TEC auskommt, wird der Stromver-

brauch im Wesentlichen durch die verwendete Laserdiode bestimmt (z. B. $P=1 \text{ mW}$, $\lambda=635 \text{ nm}$, $I_{\text{max}}=50 \text{ mA}$). Auch im Hinblick auf eine einzuhaltende Laserschutzklasse kann diese Möglichkeit genutzt werden und macht das gesamte System extrem energieeffizient.

Fazit

Bereits eine Vielzahl von Singlemode Pigtails wurden aufgebaut und im Feld Einsatz erfolgreich erprobt. Die Auswertung (**Bild 5**) der relativen Leistung bei verschiedenen Temperaturen von achtzig Singlemode Pigtails zeigt, dass durch das optimale Zusammenspiel der beschriebenen Maßnahmen die Ausgangsleistung über einen weiten Temperaturbereich (-10 °C bis $+50 \text{ °C}$) sehr stabil gehalten wird. ■

Kontakt

Bianca Berrang
Master of Science
IMM Photonics
Tel. 089 321412-52
bberrang@imm-photonics.de
www.imm-photonics.de



Dr. Gerd Müller
Diplom-Physiker
IMM Photonics
Tel.: 089 321412-45
gmuller@imm-photonics.de
www.imm-photonics.de

