

HOCHLEISTUNGSSTECKER

A. Cerini, F. Caloz, R. Pittini, S. Marazzi

DIAMOND SA, Via dei Patrizi 5, 6616 Losone, Schweiz (t@diamond-fo.com)

Inhalt: Die jüngste Tendenz in Richtung einer Erhöhung der Leistungen in optischen Übertragungssystemen erfordert die Entwicklung von Steckern mit einer höheren Zerstörungsschwelle. Ein Singlemode-Stecker, entworfen um die Leistungsdichte auf einen harmlosen Wert, unter Anwendung einer Technologie mit erweitertem Strahl, zu verringern, wird in dieser Arbeit vorgestellt. Durch Anwendung der Nachprägetechnologie von Diamond wird der Schielwinkel korrigiert um niedrige optische Verluste zu erreichen. Damit die Stecker und Mittelstücke vor Schmutzpartikeln geschützt sind, müssen diese über eine Schutzklappe, bzw. -kappe verfügen. Aus diesem Grund wurden der Hochleistungsstecker auf Basis des E-2000™ entwickelt.

Einleitung

Da der Datenverkehr in den Übertragungsnetzen jeden Tag intensiver wird, erhöht sich die Leistung, die in optischen Fasern zur Anwendung kommt, immer mehr. Vor drei Jahren betrug die maximale Leistung in einer Singlemode-Faser 10mW, ein Wert, der sich heute auf 500mW und mehr erhöht hat.

Diese rasante Erhöhung ist hauptsächlich auf die Notwendigkeit von höheren Bitraten und längeren Übertragungsdistanzen zurückzuführen, welche zur Entwicklung von neuen Technologien, die zur Erhöhung des Leistungsniveaus beigetragen haben, geführt hat.

Die Einführung von Dense Wavelength Division Multiplexing hat in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle gespielt: die Übertragung von mehreren Niedrigleistungskanälen auf verschiedenen Wellenlängen über eine Monomodefaser. DWDM multipliziert die Leistung jedes einzelnen Kanals mit der Anzahl der Kanäle bis hin zu einer Leistung von mehreren hundert mW.

Die neuen EDFA- und Ramam-Verstärker tragen auch zu dieser Leistungserhöhung bei, da sie es ermöglichen, mehr als 1 W über eine Singlemode-Faser zu übertragen. Gegenwärtig wird ein Anwenden höherer Leistungen in einem Singlemode-Kommunikationssystem durch die physikalische Grenze der Faser selbst verhindert. Genauer gesagt, durch nichtlineare Effekte, die Signalverzerrung, -verlust und Übersprechen zwischen den verschiedenen Kanälen verursachen.

Das Hochleistungsproblem

Die Übertragung von Hochleistungssignalen in Singlemode-Fasern stellt nicht nur für Faserhersteller, sondern auch für Komponentenhersteller eine Herausforderung dar. Im Faserkern und in der Zone, in der der Lichtstrahl fokussiert wird, kann die Leistungsdichte mehr als 10 GW/m^2 erreichen (als Vergleich: dies ist mehr als das Hundertfache der Leistung, die die Oberfläche der Sonne abgibt). Dies kann katastrophale Folgen für diejenigen Materialien haben, die einer so hohen Leistungsdichte nicht standhalten können. Für die Faser selbst stellt dies kein grosses Problem dar, der Singlemode-Stecker hingegen ist eine sehr kritische Komponente. Gute Stecker stellen nur ein sehr geringes Hindernis für das Übertragungssignal dar (die besten Steckertypen garantieren eine maximale Dämpfung von nur 0.1 dB). Diese minimalen Verluste werden im wesentlichen durch die Ungleichheit der Faserkernparameter (numerische Apertur, Durchmesser) oder Exzentrizität und Schielwinkel der Faser verursacht. Die Energie, die auf diese Weise verlorengeht, stellt keine Gefahr für die Zuverlässigkeit des Steckers dar, da die Verluste durch den Fasermantel aufgehoben werden.

Die Schwierigkeiten beginnen wenn die Stecker nicht vollkommen rein sind. Schmutzpartikel, die sich auf der Steckerschnittstelle befinden, können Teile der übertragenen Energie absorbieren und diese in Hitze umwandeln. Ist die

Hitze, die so produziert wird, intensiv genug, kann die Temperatur der Faser über den Schmelzpunkt von Silika hinaus ansteigen und so den Zusammenbruch der Verbindung verursachen. Fig. 1 zeigt eine Singlemode-Faser, die wegen eines Schmutzpartikels verbrannt ist.

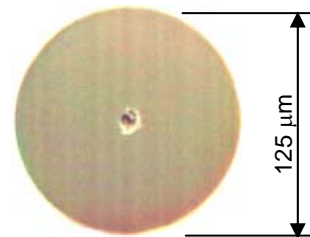


Fig. 1: verbrannte Singlemode-Faser

Schmutzpartikel

Die gefährlichsten Verschmutzungen sind solide Flecken, die durch das Abnutzen der Zentrierhülse beim Einführen einer Keramikferrule, besonders im Falle von Metall- oder Plastikhülsen, entstehen. Weitere gefährliche Verschmutzungen sind Staub oder andere Partikel, die bei gelöster Steckung eindringen.

Auf Wärmeleitung basierende Berechnungen zeigen, dass auch geringfügige Verschmutzungen zerstörendes Potential, wie in Fig. 2 dargestellt, haben.

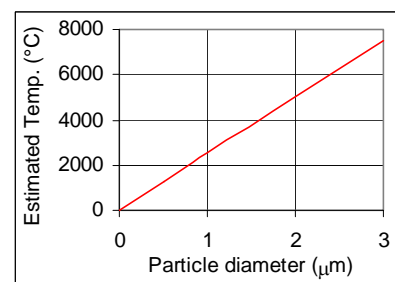


Fig.2: Temperatur in einem SM Faserkern mit 1 W Signal ein 100%-ig lichtabsorbierendes Partikel simulierend

Diese Berechnungen wurden durch Erfahrungen im Feld bestätigt, wo viele Stecker versagt haben, auch wenn sie in einer reinen und kontrollierten Umgebung angewendet wurden.

Um diese Probleme zu vermeiden muss ein Stecker, der Hochleistungssignale aushalten soll, perfekte Reinheit gewährleisten. Eine visuelle Kontrolle der Ferrulenendfläche vor jeder Steckung ist unerlässlich. Reibungselemente wie Gewinde sind zu vermeiden. Sind die Stecker ausgesteckt, muss eine Schutzklappe auf der Ferrule vorhanden sein, um jede Art von Verschmutzung auf der Faser zu vermeiden. Das Mittelstück muss auch über eine Schutzklappe verfügen um zu verhindern, dass Schmutzpartikel in die Hülse eindringen.

Gegenwärtig ist der E-2000™ Stecker von Diamond der einzige, der über alle diese Eigenschaften verfügt (Fig.3).



Fig.3: E-2000™ Stecker

Hochleistungsstecker mit erweitertem Strahl

Reinlichkeit und die oben erwähnten Eigenschaften sind immer noch nicht ausreichend um ein einwandfreies Funktionieren der Stecker zu garantieren, da kleine Partikel, die mit dem Feldinspektionsmikroskop nicht erkannt werden, immer noch zu einem Versagen des Steckers führen können. Der einzige Weg, dieses Risiko zu eliminieren, ist es, die Leistungsdichte an der Steckerschnittstelle zu reduzieren, das heisst den Strahldurchmesser zu vergrössern. Aus diesem Grund schlagen wir ein neues Steckerdesign vor, das auf der Technologie eines erweiterten Strahls basiert.

Stecker mit erweitertem Strahl, bei denen kollimierende Linsen benutzt werden, sind seit vielen Jahren auf dem Markt. Sie sind konstruiert, um in rauen Umgebungen eingesetzt zu werden, haben üblicherweise robuste Körper und bieten hohe IL Werte. Der Zweck dieses Projektes war es, einen Stecker mit erweitertem Strahl zu konstruieren, der die gleichen Dimensionen, niedrige optische Verluste und Handlichkeit wie ein Standard SM-Stecker hat.

Die Lösung besteht darin, ein Faserstück mit Gradientindexprofil anstatt einer externen Linse zu benutzen, um den Lichtstrahl zu kollimieren. So kann ein System mit erweitertem Strahl in eine Standardferrule von 2.5 mm oder sogar von 1.25 mm, wie in Fig. 4 dargestellt, integriert werden.

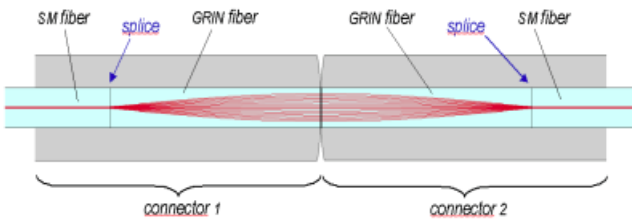


Fig.4: Stecker mit erweitertem Strahl auf Gradientindexfaser basierend

Die GRIN-Faser wird mit einer SM-Standardfaser zusammengespleisst und auf der richtigen Länge geschnitten um die gewünschte Brennweite zu erreichen. Der am Steckerschnittpunkt kollimierte Strahl hat einen grossen Modenfelddurchmesser, der von der Vergrösserung durch die GRIN-Faser abhängt. Im zweiten Stecker wird der Lichtstrahl durch die zweite GRIN-Faser zurück zur SM-Faser fokussiert.

Um niedrige IL Werte zu erreichen, müssen die Fokusweite und die Richtung des Outputstrahls, wie bei jedem kollimierenden Linsensystem, sehr enge Toleranzwerte einhalten. Während die Fokusweite einfach durch ein Polieren der Ferrulendfläche eingestellt werden kann, ist die Korrektur des Schielwinkels ein viel schwierigeres Unterfangen. Dieses Problem kann indes mit Hilfe der Nachprägetechnologie von Diamond gelöst werden. Die Faser wird in eine aus weicher Nickellegierung hergestellte Hülse geklebt, welche dann in eine bestimmte Richtung verformt werden kann um die Faserposition zu korrigieren. Normalerweise wird diese Technologie angewandt um die Kernexzentrizität in SM-Standardsteckern zu reduzieren. Sie kann in diesem Fall aber auch für die Reduzierung des Schielwinkels eingesetzt werden. Fig.5 zeigt ein Beispiel der Effekte dieser Technologie auf einen GRIN-Faserstecker mit erweitertem Strahl.

before 2nd crimping: angle=0.5° → IL=1 dB



after 2nd crimping: angle<0.1° → IL<0.1 dB



Fig.5: Dämpfung eines GRIN-Fasersteckers mit erweitertem Strahl vor und nach der 2. Prägung der Ferrule

Fig.5 zeigt ein Beispiel der Effekte dieser Technologie auf einen GRIN-Faserstecker mit erweitertem Strahl.

Wie in Fig. 5 dargestellt, kann die hohe Dämpfung des Signals, welche auf den Schielwinkel zurückzuführen ist, durch ein Verbiegen der Faser auf einen sehr niedrigen Wert verringert werden. Solange die Kollimation richtig ist und der Winkel unter 0.1° gehalten werden kann, ist der IL-Wert niedriger als 0.1 dB.

Erste Ergebnisse

Tests mit verschiedenen GRIN-Fasertypen und einer Spotverweigerung von 30 bis 110 µm wurden durchgeführt. Die Stecker mit den weitreichendsten Vergrösserungen zeigten eine niedrigere Leistungsdichte. Diejenigen mit der geringsten Vergrösserung zeigten hingegen, wegen niedrigerer optischer Aberrationen, eine grössere Übertragungseffizienz. Die optimalste Lösung liegt zwischen diesen beiden Grenzfällen. Wir wählten eine Vergrösserung von 40 µm. Fig.6 stellt die Auswirkung von Schmutzpartikeln auf einen Hochleistungsstecker mit einem Spotdurchmesser von 40 µm dar (vergleiche mit Fig. 2.)

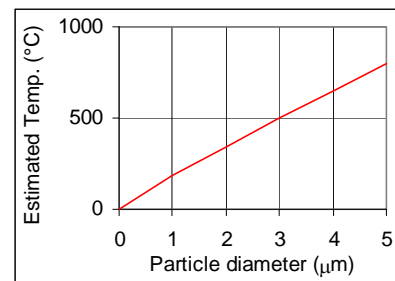


Fig.6: Temperatur in einer 40 µm GRIN-Faser mit 1W Signal ein 100%-ig lichtabsorbierendes Partikel simulierend

Die kleinsten Partikel (diese sind die gefährlichsten, da sie mit einem Feldmikroskop nicht erkannt werden können) stellen keine Gefahr für diese Steckerart dar. Nur Partikel, die grösser als 5 µm, aber leicht zu erkennen und zu entfernen sind, stellen eine potenzielle Gefahr dar. Reinlichkeit kann die Stabilität der Verbindungen sicherstellen.

Schlusswort

Wir haben einen Stecker vorgestellt, der Hochleistungssignalen standhalten kann (bis zu 1 W) und niedrige IL-Werte zeigt (vergleichbar mit den Standardsteckern). Dieser Stecker basiert auf der erweiterten Strahl Technologie. Ein Stück Gradientindexfaser ist als kollimierende Linse eingesetzt. Der Steckerkörper ist ein E-2000™-Stecker, der, dank seiner Schutzklappe, einen guten Schutz der Ferrule vor der Umgebung bietet.