

Der Lichtstrahl eines **TRAPEZLASERS** erreicht im Fokus eine mehr als 25-mal höhere Leistungsdichte als der Strahl eines Hochleistungsdiodenlasers. Das Trapez ist nicht erkennbar, da der Laser zur besseren Wärmeabfuhr mit dem Gesicht nach unten auf die Wärmesenke gelötet wird.

Foto: IAF (2)

Kraftprotz vom Feinsten

Der Trapezlaser ist auf dem Weg, die Lasertechnik so zu revolutionieren wie einst der Transistor die Elektrotechnik. Die umwälzende Innovation verbindet starke Strahlleistung mit hochpräziser Fokussierbarkeit in einem optoelektronischen Bauelement.

VON FRANZ MILLER

Ohne Diodenlaser funktioniert die moderne Kommunikations-, Computer- und Messtechnik einfach nicht. Die winzig kleinen Strahlquellen avancierten zu Schlüsselementen in vielen innovativen Produkten der vergangenen Jahre. Sie sorgen dafür, dass der CD-Player die Musik in höchster Qualität abspielt, die Scannerkasse den Barcode abliest, Kopierer und Laserdrucker scharfe Bildpunkte erzeugen und im Glasfasernetz gigantische Datenmengen übertragen werden. Bereits zu zwei Dritteln dominieren Diodenlaser heute den rund fünf Milliarden Euro umfassenden weltweiten Lasermarkt – mit steigender Tendenz.

@INTERNETLINKS

- www.iaf.fraunhofer.de
- www.m2k-laser.de

Doch das Potenzial der multifunktionalen Lichtquellen ist mit den genannten Anwendungen noch lange nicht ausgeschöpft. Einem vierköpfigen Team von Wissenschaftlern und Technikern des Freiburger Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik (IAF) ist es kürz-

Der neue Laser bietet hohe Leistungsfähigkeit bei bester Strahlqualität

lich gelungen, die Leistungsfähigkeit des Diodenlasers noch weiter zu erhöhen und gleichzeitig seine Strahlqualität entscheidend zu verbessern. Ihre Erfindung nennt sich Trapezlaser.

Mit dieser bisher einmaligen Eigenschaftskombination ist der neuartige Di-

odenlaser auf dem besten Weg, die gesamte Lasertechnik zu revolutionieren. „Der Technologiewechsel ist ähnlich weit reichend wie seinerzeit der Übergang von der Röhre zum Transistor in der Unterhaltungsgeräte-Industrie“, verdeutlicht Professor Joachim Wagner das Potenzial der Neuentwicklung. Er leitet die Abteilung Optoelektronische Materialien an dem Freiburger Institut.

Zum Verständnis des technologischen Quantensprungs empfiehlt sich ein kurzer Ausflug in die Welt der Lasertechnik. Die Abkürzung *Laser* steht für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, also Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung. Im Klartext heißt das, dass eine zugeführte elektrische Energie vom Lasermaterial in optische Energie in Form von Licht umgewandelt wird. Bei Diodenlasern liegen die opti-

Trapezlasers

schon Leistungen im Milliwattbereich. „Für die bisherigen Anwendungen in der Kommunikations- und Messtechnik reichen diese niedrigen Leistungen in aller Regel aus“, erläutert Professor Wagner. Für das Schneiden oder Schweißen von Material jedoch sind diese Strahlquellen, die mit Methoden der Halbleitertechnik hergestellt werden, schlichtweg zu schwach.

Vor wenigen Jahren gelang es dann, Halbleiterlaser für hohe optische Leistungen von mehreren Watt herzustellen. Diese so genannten Hochleistungsdiodenlaser bieten gegenüber ihren konventionellen Brüdern, den waschmaschinen-großen Gas- und Festkörperlasern, entscheidende Vorteile: Sie sind 100-mal klei-

Trapezlasers eröffnen ein breites Spektrum neuer Anwendungsmöglichkeiten

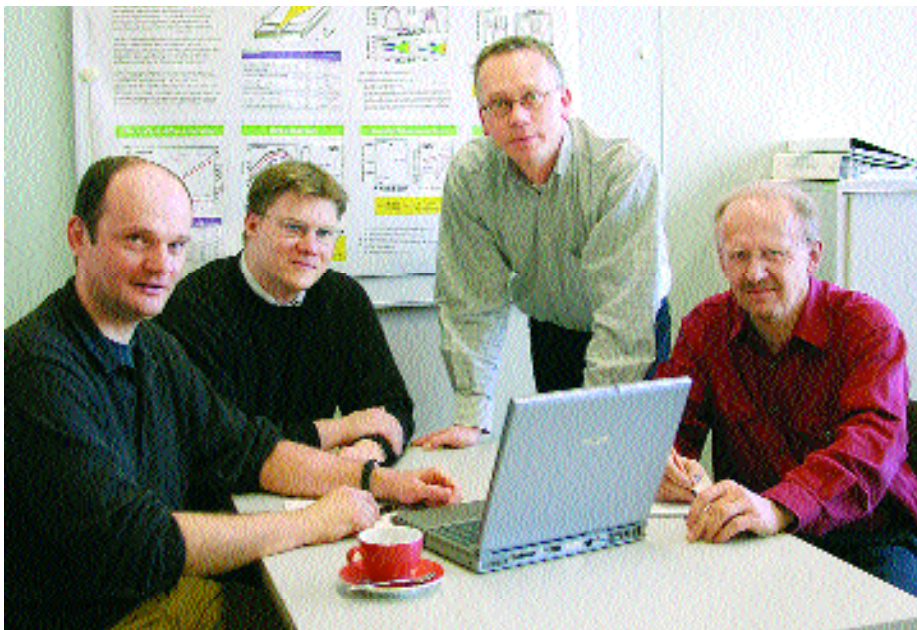
ner, erzielen einen bis zu zehn Mal höheren Wirkungsgrad, sind erheblich kostengünstiger, sehr zuverlässig und langlebig. Dank dieses Entwicklungsschrittes konnte die Lasertechnik auch überall dort Einzug halten, wo sie auf Grund der Ausmaße konventioneller Laseranlagen oder wegen zu niedriger Leistung zuvor nicht einsetzbar war. Trotz dieser zahlreichen Vorteile, die vielen Industrieunternehmen einen Produktivitätssprung ermöglichten, ha-

ben auch Hochleistungsdiodenlaser einen Nachteil, und das ist ihre schlechte Strahlqualität – zumindest war das bisher so.

Denn diese Einschränkung überwand nun das einflussreiche Forscherteam des Freiburger Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik mit dem neuartigen Trapezlaser. Die Wissenschaftler Márk Kelemen, Rudolf Kiefer, Michael Mikulla und Martin Walther führten das innovative Laserkonzept zur Serienreife und wurden dafür mit dem Landesforschungspreis für angewandte Forschung des Landes Baden-Württemberg ausgezeichnet. Bei dieser Ehrung handelt es sich um den höchstdotierten Forschungspreis, den ein Bundesland ausschreibt.

Preisträger Márk Kelemen erläutert, was das eigentlich Revolutionäre an der Trapezlaser-Technologie ist: „Sie verbindet die starke Strahlleistung von Hochleistungsdiodenlasern aus der Materialbearbeitung mit der genauen Fokussierbarkeit von Milliwattdiodenlasern aus der Computer- und Kommunikationstechnik.“

Diese hervorragenden Eigenschaften eröffnen dem innovativen Lichtwerkzeug ein breites Spektrum neuer Anwendungsmöglichkeiten. In der Analytik, Spektroskopie und Messtechnik treten die zigaretenschachtelgroßen Trapezlasersysteme nun in Konkurrenz zu den bisher eingesetzten Festkörper- und Gaslasern. Auch in der Laserchirurgie, Augenheilkunde oder Tumorbehandlung werden sie schon in na-



Martin Walther, Michael Mikulla, Márk Kelemen und Rudolf Kiefer (v. l. n. r.) entwickelten den TRAPEZLASER zur Serienreife und erhielten dafür den Landesforschungspreis.

Starke Strahlen

➔ Breites Anwendungsspektrum

Materialbearbeitung Dank hoher Leistung und guter Strahlqualität eignen sich Trapezlaser zur Oberflächenbehandlung, zum Löten, Bohren, Schneiden und Härten, zum Drucken und Markieren sowie zum Schweißen transparenter Materialien. Beim Kunststoffschweißen etwa durchdringt die Laserstrahlung einen transparenten Fügepartner und wird vom absorbierenden Partner aufgenommen. An der Berührungsfäche schmelzen beide Teile auf und verbinden sich sehr fest.

Medizintechnik Diodenlaser im Wellenlängenbereich bis ein Mikrometer nutzen Ärzte bereits in der Augen- und Gefäßchirurgie, zur Zahnbehandlung oder Haarentfernung. Der Nachteil ist die thermische Schädigung des gesunden Gewebes, etwa bei der Tumorbehandlung. Künftige Chirurgielaser, zum Beispiel auf Basis des Trapezlasers, sollen mit zwei Mikrometer Wellenlänge arbeiten und die Nachteile heutiger Lasersysteme aufheben.

Umweltmesstechnik Wird intensives, gepulstes Licht in die Atmosphäre gestrahlt, lassen sich aus dem rückgestreuten Licht die Art, Ausdehnung und Entfernung von Schadstoffen bestimmen. Solche Systeme spüren Umweltsünder auf und helfen, industrielle Prozesse so zu steuern, dass weniger Schadstoffe entstehen.

Blutzuckermessung Bisher werden Patienten beim Messen des Blutzuckerspiegels in den Finger gestochen, um einen Blutropfen zu gewinnen. Neuartige Infrarotlaser erledigen die Messung schmerzfrei. Sie durchstrahlen eine Hautfalte oder das Ohrfläppchen und bestimmen den Blutzuckerspiegel rein optisch. Für diese Anwendung kommen auch Trapezlaser in Frage. Da zum Beispiel die Zahl von Diabetes-Patienten weltweit ansteigt, eröffnen sich solchen nicht-invasiven Testverfahren große Marktchancen.

her Zukunft zum Einsatz kommen. Außerdem eignen sich die neuen Trapezlaser wegen ihrer verbesserten Strahlqualität bei hohen Ausgangsleistungen hervorragend für die Faserkopplung und damit für optische Komponenten in der Daten- und Telekommunikation.

Auch in der Fertigungstechnik stößt der Trapezlaser das Tor zu mehr Effektivität und Bearbeitungsgenauigkeit auf. Ob Bohren, Schweißen oder Schneiden, bei allen

Materialbearbeitungsverfahren kommt es darauf an, dass eine hohe optische Energie punktgenau auf eine möglichst kleine Fläche trifft. Damit entscheiden zwei Kriterien über die Qualität eines Lasers und seine Einsatzmöglichkeiten. „Zum einen sollte er eine hohe Ausgangsleistung erzielen, also möglichst viel elektrische Energie in Licht umwandeln“, erläutert Márc Kelemen. „Zum anderen entscheidet die Strahlqualität über die Fokussierbarkeit des Laserstrahls und damit über seine Präzision zum Beispiel beim Schneiden und Fräsen.“ Anders ausgedrückt: Je feiner gebündelt der Strahl geformt ist, desto brillanter ist seine Wirkung.

Der Trapezlaser verbindet diese beiden gewünschten Eigenschaften in einem Bauelement. Er erreicht bei einer Betriebstemperatur von 20 Grad Celsius neben einer hervorragenden Strahlqualität eine Ausgangsleistung von über fünf Watt. Damit ist seine optische Power vergleichbar mit der von herkömmlichen Hochleistungsdiodenlasern. Obendrein wird nahezu die Hälfte der eingesetzten elektrischen Leistung umgesetzt. Zum Vergleich: Bei konventionellen Festkörper- und Gaslasern beträgt der Anteil der in Lichtleistung umgewandelten elektrischen Energie nur zehn Prozent. Die restlichen 90 Prozent sind Wärme. Darum benötigen diese Laser immer entsprechende Kühlsysteme, was zu ihren großen Abmessungen führt.

All das entfällt beim Trapezlaser. Die Forscher haben herausgefunden, wie das Lasermaterial, sprich die Halbleiterschicht, beschaffen sein muss und welche Art der

Bearbeitung nötig ist, um einen Strahl von hoher Qualität zu erzeugen. Durch eine Optimierung des Halbleitermaterials in Kombination mit einem trapezförmigen Design gelang es den Wissenschaftlern, die Ausgangsleistung des Lasers um ein Vielfaches zu erhöhen und gleichzeitig die exzellente Strahlqualität beizubehalten. Im Gegensatz dazu können die bisherigen Diodenlaser bekanntlich nur bei geringen Leistungen im Milliwattbereich eine gute Strahlqualität gewährleisten. „Im Fokus des neuen Trapezlasers hat der Lichtstrahl jetzt eine Leistungsdichte, die um mehr als

Die Fokussierbarkeit des Strahls entscheidet über die Präzision von Lasern

das 25fache über der von konventionellen Hochleistungsdiodenlasern liegt – und das bei gleicher Ausgangsleistung“, betont IAF-Forscher Márc Kelemen. „Der Trick: Durch die Trapezform hat das Licht mehr Fläche, um aus dem Laser auszutreten.“

Bei der Optimierung des Halbleitermaterials, der Herstellungstechnik und der Montage des neuen Lasers achteten die Forscher von vorneherein darauf, dass ihre Ergebnisse serientauglich sind und leicht in ein Produkt überführt werden können. Das gelang ihnen mit Erfolg. „Dank dieser Vorarbeiten lassen sich die Strahlquellen heute kostengünstig herstellen, sind wartungsfrei und langlebig“, erklärt Professor Joachim Wagner. „Wir haben eine Lebensdauer von 10 000 Stunden Dauerbetrieb

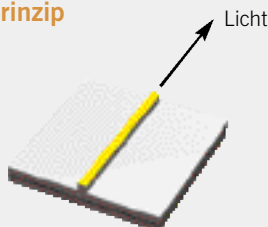
nachgewiesen – das ist mehr als ein Jahr ununterbrochenen Einsatzes“, so der Optoelektronik-Experte. Damit entspreche die Haltbarkeit von Trapezlasern derjenigen heutiger Hochleistungsdiodenlaser.

Inzwischen sorgen zwei Ausgründungen aus dem Fraunhofer-IAF für die Serienfertigung der Trapezlaser. Die EpiNova GmbH in Freiburg produziert die Halbleiterschichten und liefert damit die Grundbausteine für das Strahlwerkzeug. Die im selben Ort ansässige m2k-Laser GmbH fertigt daraus die kompletten Bauteile. Damit ist die Technologie auch für kleine und mittlere Unternehmen verfügbar. Erste Anwender in der Industrie entwickeln bereits neuartige Produkte damit. „Trapezlasers sind über das Laborstadium hinaus, man kann sie kaufen“, bestätigt Professor Wagner. Er empfiehlt Mittelständlern jedoch, nicht die nackte Strahlquelle zu erwerben, um sie selbst in ein Gerät einzubauen, sondern diese als Subsystem bei Laseranbietern zu kaufen. Denn erst ein professionell aufgebautes Modul, ein auf eine Wärmesenke aufgelöteter Laser mit Gehäuse, sei ein nutzbares Produkt. Es müsse dann vor Ort an vorhandene Anlagen adaptiert werden. „Natürlich sind die Kosten gegenüber herkömmlichen Breitstreifen-Diodenlasern höher“, gibt Wagner unumwunden zu. Aber die bessere Strahlqualität sei durch nichts zu ersetzen. „Das Mehr an Bearbeitungsqualität, das Sie erreichen, relativiert den höheren Preis, denn es macht die Mehrkosten schnell wieder wett.“

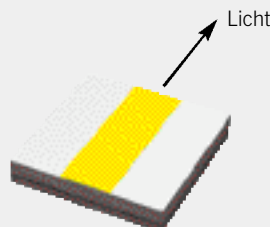
Ihr Ansprechpartner in der Redaktion:
frank.baecke-heger@marktundmittelstand.de

Warum Trapezlaser leistungsstark und scharf gebündelt zugleich sind

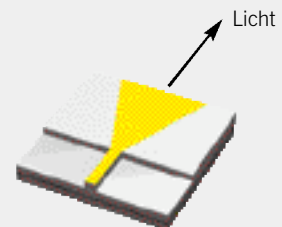
➔ Funktionsprinzip



Ein Trapezlaser verbindet die Eigenschaften des feinen Rigidelasers mit denen des starken Breitstreifenlasers in einem optoelektronischen Bauelement. Der Rigidelaser (oben) hat einen nur drei Mikrometer breiten Laserresonator. Dies bewirkt eine sehr gute Qualität des Strahls. Seine scharf gebündelte Form ermöglicht hoch präzise Bearbeitungen. Allerdings erzeugt der Rigidelaser nur sehr wenig Leistung.



Im Gegensatz zum Rigidelaser hat der Breitstreifenlaser eine 150 Mikrometer breite Rippe, die für hohe Leistung sorgt, aber einen Strahl von sehr schlechter Qualität erzeugt.



Beim Trapezlaser wird nun das schwache Laserlicht des Rigidelasers behutsam verstärkt, indem die Breite des Laserresonators allmählich von drei auf 200 Mikrometer aufgeweitet wird (trapezförmig). Dabei steigt die Leistung an, trotzdem bleibt die hohe Qualität des Laserstrahls erhalten.

Foto: Fraunhofer IAF