

Laserstrahl sicher unterbrechen

Energiereiche Laserstrahlen sind gefährlich – vor allem wenn es sich um infrarotes Licht handelt. Damit Menschen und empfindliche optische Geräte keinen Schaden nehmen, muss der Laserstrahl im Fehlerfall zuverlässig und schnell unterbrochen werden.

Magazin: Design & Elektronik

Verlag: Weka Fachmedien

Auflage: 21.509

Erscheinen: 05-2013

www.weka-fachmedien.de / www.elektroniknet.de

ELEKTROMECHANIK



ELEKTROMAGNETE IN DER OPTIK

Laserstrahl sicher unterbrechen

Energiereiche Laserstrahlen sind gefährlich – vor allem wenn es sich um infrarotes Licht handelt. Damit Menschen und empfindliche optische Geräte keinen Schaden nehmen, muss der Laserstrahl im Fehlerfall zuverlässig und schnell unterbrochen werden. Ein Linearmagnet bietet hier Vorteile, weil er kurze Verschlusszeiten mit einer sehr kompakten Baugröße kombiniert.

OLIVER PFLÜGER

Quantenoptik ist der Bereich, auf dem das Unternehmen Menlo Systems aus Martinsried bei München forscht und entwickelt. Entstanden im Rahmen einer Ausgründung des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching im Jahre 2001 unter anderem vom Nobelpreisträger Prof. Dr. Theodor W. Hänsch, hat sich Menlo Systems dabei auf hochpräzise Frequenzmessungen mittels Laserlicht spezialisiert. Die wissenschaftliche Neuentdeckung lag im Brückenschlag zwischen Radiofrequenz- und optischen Schwingungen mit Hilfe von sogenannten optischen Frequenzkämmen, mit deren Hilfe sich die Frequenz einer Lichtquelle bestimmen lässt. Der Clou liegt darin, dass vom optischen Frequenzkamm erzeugte extrem präzise Licht mit dem unbekanntesten Licht zu vergleichen – analog zum Vergleich einer unbekanntesten Strecke mit einem präzisen Meterstab. Verändert also beispielsweise ein von Stern stammender Lichtstrahl seine Farbe, weil sich

der Stern aufgrund eines um ihn kreisenden Planeten hin- und her bewegt, so lassen sich mit dieser Methode die Änderungen im Sternennicht vermessen und damit abschätzen, ob der Planet eine lebensfreundliche Umgebung bieten könnte.

Menlo Systems konzentriert sich bei seinen Entwicklungen auf Laserlicht im infraroten Spektralbereich, das unsichtbar für das menschliche Auge ist. Spezielle Glasfasern leiten dieses Licht – Fasern mit ganz besonderen Parametern, welche die Eigenschaften

des Laserlichts qualitativ enorm beeinflussen. So wird unerwünschtes Rauschen unterdrückt und die Auswahl möglicher Laserfarben vergrößert. Menlos Flaggschiff ist der »ASTRO«-Frequenzkamm, ein zwischen 500 000 und 1 Mio. Euro teures, hochpräzises Gerät

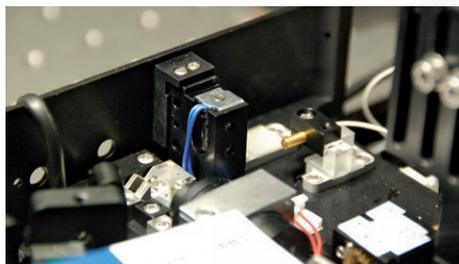


Bild 1: Kompakt und zuverlässig: Die Shutterlösung zur Unterbrechung eines Laserstrahls ist hier in einer Applikation eingebaut

zur Kalibrierung von hochgenauen astronomischen Spektrografen. Als Zielkunden für diese und andere Lasersysteme kommen vorwiegend wissenschaftliche Forschungsabteilungen in Frage, die zum Beispiel Phänomene im Weltall zeitlich bestimmen wollen oder hochkomplexe Forschungsaufbauten im Rahmen von Grundlagenexperimenten betreiben. So sollen die bisher verwendeten sehr genauen Zäsum-Atomuhren durch sogenannte optische Uhren ersetzt werden, die nochmals viel genauer sein könnten – jede dieser optischen Uhren benötigt einen optischen Frequenzkamm. Obwohl höchst präzise, sind diese Frequenzkämme leicht einzustellen und verursachen nur sehr geringe laufende Kosten. Für die Produktion eines optischen Frequenzkammes benötigt Menlo Systems im Schnitt einen Monat.

Präzises Abschalten

Um das Laserlicht für eine so hochpräzise Zeitmessung herstellen zu können, muss das System das im Oszillator erzeugte und gepufferte

den. Dies schreiben unter anderem die Laserschutzrichtlinien vor. Beim Neustart des Systems dürfen in der Startphase keine unkontrollierten Laserstrahlen im System umlaufen oder sogar das System verlassen. Richtig gefährlich ist vor allem das gebündelte Laserlicht am Ausgang des optischen Verstärkers, dort kann die Leistungsdichte des Lichtstrahls mehrere Gigawatt pro Quadratmeter erreichen. Einem so energiereichen Laserlicht können viele Materialien nicht mehr widerstehen, sie verdampfen. Für das menschliche Auge ist das sehr gefährlich, vor allem weil das infrarote Laserlicht dieser Anwendung nicht sichtbar ist, man dem Strahl also nicht einfach ausweichen kann. Ein zuverlässiges Schließsystem ist also nicht zuletzt für den Schutz der Bediener unbedingt erforderlich. Für diese Anwendung stellen mehrere Anbieter Forschern, die mit Laserlicht arbeiten, diverse optische Verschlüsse – sogenannte »Shutter« – zur Verfügung. Meist handelt es sich dabei um externe Hochleistungs-Shutter, die große Durchmesser schließen und öffnen und preis-

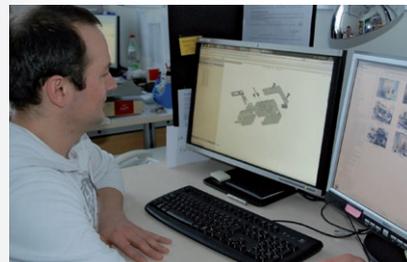
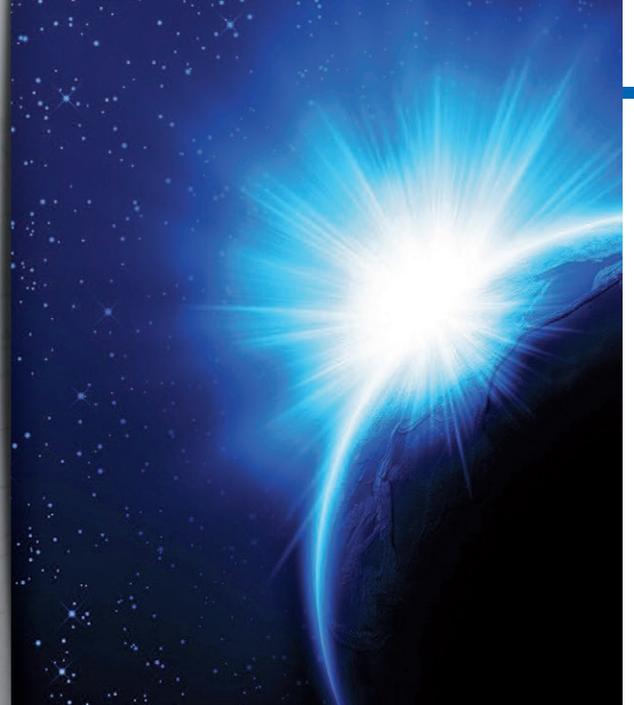
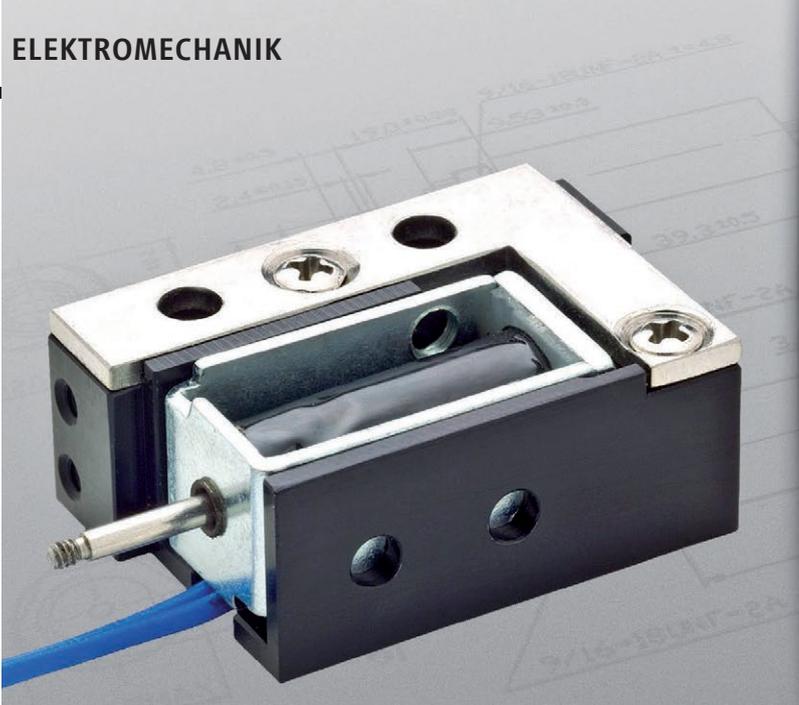


Bild 2: Dr. Christian Bugge von Menlo Systems erstellt an seinem CAD-PC ein dreidimensionales Hülmmodell des Shutters

ursprünglich sehr genau kontrollieren, quasi »aussortieren«. Für den letztendlichen Laserstrahl entnimmt es also nur ganz bestimmte Frequenzen aus dem Lichtspektrum und bereitet sie über verschiedene Stufen so auf, dass das Laserlicht am Ende die benötigten Eigenschaften besitzt. Laserlicht entsteht gewöhnlich im Oszillator, wird über optische Verstärker, die von Pump-Dioden versorgt werden, verstärkt und je nach Verwendung mittels sogenannter photonic Kristallfasern in vielen Farben erzeugt, wobei die einzelnen Farben wie bei einem Kamm aufgereiht sind. Bei Fehlfunktionen müssen Lasersysteme zuverlässig abgeschaltet bzw. heruntergefahren wer-

den. Dies schreiben unter anderem die Laserschutzrichtlinien vor. Beim Neustart des Systems dürfen in der Startphase keine unkontrollierten Laserstrahlen im System umlaufen oder sogar das System verlassen. Richtig gefährlich ist vor allem das gebündelte Laserlicht am Ausgang des optischen Verstärkers, dort kann die Leistungsdichte des Lichtstrahls mehrere Gigawatt pro Quadratmeter erreichen. Einem so energiereichen Laserlicht können viele Materialien nicht mehr widerstehen, sie verdampfen. Für das menschliche Auge ist das sehr gefährlich, vor allem weil das infrarote Laserlicht dieser Anwendung nicht sichtbar ist, man dem Strahl also nicht einfach ausweichen kann. Ein zuverlässiges Schließsystem ist also nicht zuletzt für den Schutz der Bediener unbedingt erforderlich. Für diese Anwendung stellen mehrere Anbieter Forschern, die mit Laserlicht arbeiten, diverse optische Verschlüsse – sogenannte »Shutter« – zur Verfügung. Meist handelt es sich dabei um externe Hochleistungs-Shutter, die große Durchmesser schließen und öffnen und preis-



ELEKTROMAGNETE IN DER OPTIK

Laserstrahl sicher unterbrechen

Energiereiche Laserstrahlen sind gefährlich – vor allem wenn es sich um infrarotes Licht handelt. Damit Menschen und empfindliche optische Geräte keinen Schaden nehmen, muss der Laserstrahl im Fehlerfall zuverlässig und schnell unterbrochen werden. Ein Linearmagnet bietet hier Vorteile, weil er kurze Verschlusszeiten mit einer sehr kompakten Baugröße kombiniert.

OLIVER PFLÜGER

Quantenoptik ist der Bereich, auf dem das Unternehmen Menlo Systems aus Martinsried bei München forscht und entwickelt. Entstanden im Rahmen einer Ausgründung des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching im Jahre 2001 unter anderem vom Nobelpreisträger Prof. Dr. Theodor W. Hänsch, hat sich Menlo Systems dabei auf hochpräzise Frequenzmessungen mittels Laserlicht spezialisiert. Die wissenschaftliche Neuentdeckung lag im Brückenschlag zwischen Radiofrequenz- und optischen Schwingungen mit Hilfe von sogenannten optischen Frequenzkammern, mit deren Hilfe sich die Frequenz einer Lichtquelle bestimmen lässt. Der Clou liegt darin, das vom optischen Frequenzkamm erzeugte extrem präzise Licht mit dem unbekanntesten Licht zu vergleichen – analog zum Vergleich einer unbekanntesten Strecke mit einem präzisen Meterstab. Verändert also beispielsweise ein von einem Stern stammender Lichtstrahl seine Farbe, weil sich

der Stern aufgrund eines um ihn kreisenden Planeten hin- und her bewegt, so lassen sich mit dieser Methode die Änderungen im Sternenlicht vermessen und damit abschätzen, ob der Planet eine lebensfreundliche Umgebung bieten könnte.

Menlo Systems konzentriert sich bei seinen Entwicklungen auf Laserlicht im infraroten Spektralbereich, das unsichtbar für das menschliche Auge ist. Spezielle Glasfasern leiten dieses Licht – Fasern mit ganz besonderen Parametern, welche die Eigenschaften

des Laserlichts qualitativ enorm beeinflussen. So wird unerwünschtes Rauschen unterdrückt und die Auswahl möglicher Laserfarben vergrößert. Menlos Flaggschiff ist der »ASTRO«-Frequenzkamm, ein zwischen 500 000 und 1 Mio. Euro teures, hochpräzises Gerät

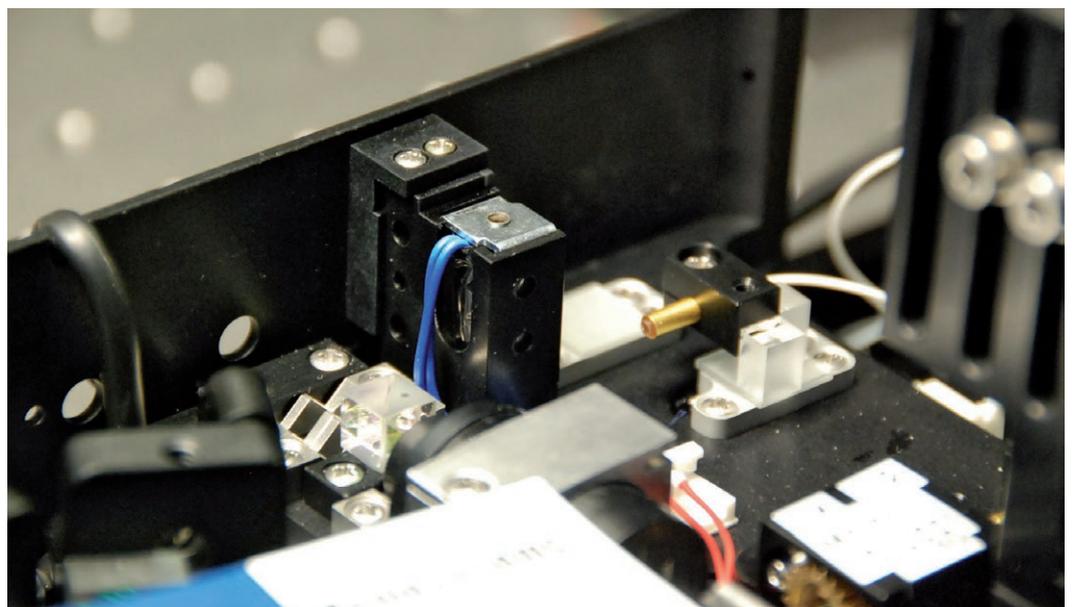


Bild 1: Kompakt und zuverlässig: Die Shutterlösung zur Unterbrechung eines Laserstrahls ist hier in einer Applikation eingebaut

zur Kalibrierung von hochgenauen astronomischen Spektrografen. Als Zielkunden für diese und andere Lasersysteme kommen vorwiegend wissenschaftliche Forschungsabteilungen in Frage, die zum Beispiel Phänomene im Weltall zeitlich bestimmen wollen oder hochkomplexe Forschungsaufbauten im Rahmen von Grundlagenexperimenten betreiben. So sollen die bisher verwendeten sehr genauen Zäsium-Atomuhren durch sogenannte optische Uhren ersetzt werden, die nochmals viel genauer sein könnten – jede dieser optischen Uhren benötigt einen optischen Frequenzkamm. Obwohl höchst präzise, sind diese Frequenzkämme leicht einzustellen und verursachen nur sehr geringe laufende Kosten. Für die Produktion eines optischen Frequenzkammes benötigt Menlo Systems im Schnitt einen Monat.

Präzises Abschalten

Um das Laserlicht für eine so hochpräzise Zeitmessung herstellen zu können, muss das System das im Oszillator erzeugte und gepufferte

den. Dies schreiben unter anderem die Laserschutzrichtlinien vor. Beim Neustart des Systems dürfen in der Startphase keine unkontrollierten Laserstrahlen im System umlaufen oder sogar das System verlassen. Richtig gefährlich ist vor allem das gebündelte Laserlicht am Ausgang des optischen Verstärkers, dort kann die Leistungsdichte des Lichtstrahls mehrere Gigawatt pro Quadratmeter erreichen. Einem so energiereichen Laserlicht können viele Materialien nicht mehr widerstehen, sie verdampfen. Für das menschliche Auge ist das sehr gefährlich, vor allem weil das infrarote Laserlicht dieser Anwendung nicht sichtbar ist, man dem Strahl also nicht einfach ausweichen kann. Ein zuverlässiges Schließsystem ist also nicht zuletzt für den Schutz der Bediener unbedingt erforderlich. Für diese Anwendung stellen mehrere Anbieter Forschern, die mit Laserlicht arbeiten, diverse optische Verschlüsse – sogenannte »Shutter« – zur Verfügung. Meist handelt es sich dabei um externe Hochleistungs-Shutter, die große Durchmesser schließen und öffnen und preis-

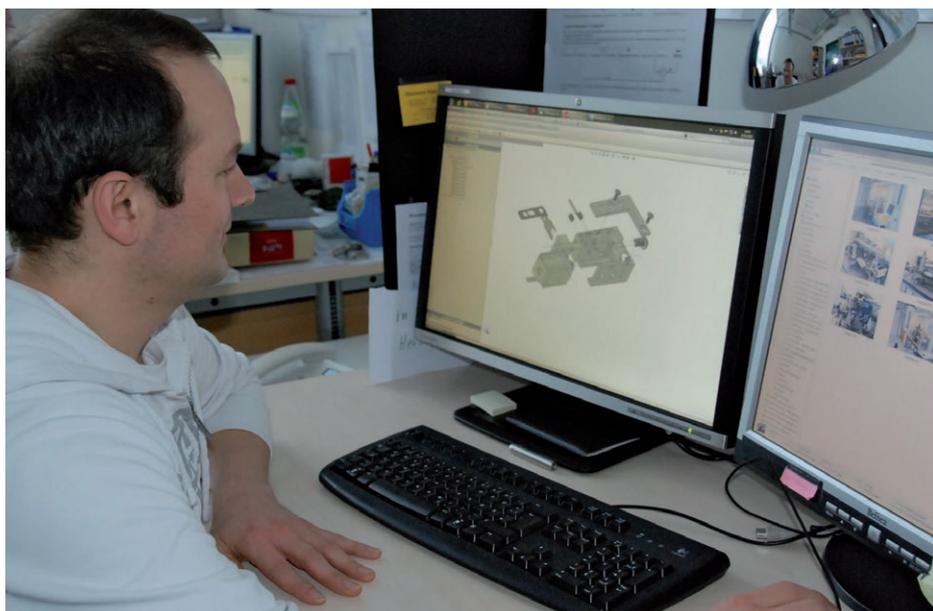


Bild 2: Dr. Christian Buggle von Menlo Systems erstellt an seinem CAD-PC ein dreidimensionales Hüllmodell des Shutters

Ursprungslicht sehr genau kontrollieren, quasi »aussortieren«. Für den letztendlichen Laserstrahl entnimmt es also nur ganz bestimmte Frequenzen aus dem Lichtspektrum und bereitet sie über verschiedene Stufen so auf, dass das Laserlicht am Ende die benötigten Eigenschaften besitzt. Laserlicht entsteht gewöhnlich im Oszillator, wird über optische Verstärker, die von Pump-Dioden versorgt werden, verstärkt und je nach Verwendung mittels sogenannter photonischer Kristallfasern in vielen Farben erzeugt, wobei die einzelnen Farben wie bei einem Kamm aufgereiht sind.

Bei Fehlfunktionen müssen Lasersysteme zuverlässig abgeschaltet bzw. heruntergefahren wer-

lich zwischen 350 Euro und mehreren tausend Euro liegen – ein kleiner, kompakter und vor allem langlebiger interner Shutter war bisher nicht verfügbar. So mussten sich die Forscher jahrelang mit Behelfslösungen zufriedengeben, wie beispielsweise einem offenen elektromechanischen Relais, an dessen Wippe eine Rasierklinge befestigt war. Diese Rasierklinge konnte mittels Relaischaltung das Laserlicht mit etwa 1 mm Durchmesser unterbrechen. Trotz ihrer primitiven Bauart waren diese Lösungen recht teuer und dazu noch äußerst anfällig.

Im Hause Menlo Systems zeichnete Dr. Christian Buggle für die Neuentwicklung eines kompakten Shutters verantwortlich. Als gelernter Physiker

und Ingenieur konnte er die komplexen physikalischen Vorgänge in mechanische Anforderungen transferieren. Er hatte im Rahmen von Forschungsstätigkeiten in Paris bereits erste positive Erfahrung mit Elektromagneten sammeln können, daher stand für ihn als Aktor schnell ein Linearmagnet fest. Dieser sollte möglichst klein, schnell, zuverlässig und preisgünstig sein sowie auch mit geringer Stromaufnahme funktionsfähig bleiben. Das Team um Dr. Buggle hat sich intensiv mit Linearmagneten der großen Distributoren und Hersteller beschäftigt und stieß letztendlich auf einen sehr kompakten Elektromagneten aus dem Hause Red Magnetics, den »ITS-LS-1110B-D« in 3-V-Ausführung. Dies war laut Menlo der kleinste am Markt verfügbare Linearmagnet mit entsprechender Krafterzeugung. Ein Shutter ist nach dem Oszillator und vor dem Pump-Dioden-Verstärker eingebaut und verhindert, dass beim Herunterfahren bzw. Neustart des Gerätes unkontrollierte Laserstrahlen entweichen. Diese könnten sonst die empfindlichen elektronischen Bauteile irreversibel zerstören. Meist wird auch noch nach dem photoinischen Kristall ein zweiter Shutter eingebaut, um beim unerlaubten Öffnen des Gerätes das menschliche Auge zu schützen, das nachhaltige Schädigungen erleiden könnte. Dr. Buggle hat mit den von Red Magnetics zur Verfügung gestellten Datenblättern ein dreidimensionales Hüllmodell erstellt (Bilder 2 und 4), um das herum die weiteren Bauteile per CAD-Zeichnung angegliedert werden konnten. Somit konnte die Applikation sehr schnell an Form gewinnen.

Schnelle Entwicklung

Entscheidend für den schnellen Applikationserfolg war der Support des Design-in-Teams von Red Mag-

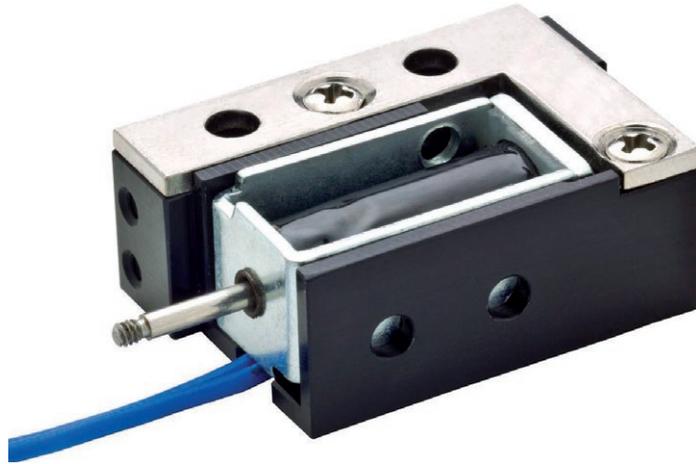


Bild 3: Mit Abmessungen von 20 mm x 40 mm und einer Bauhöhe von nur 5 mm baut die Shutterlösung auf Basis eines Linearmagneten besonders klein

netics, das dem Projekt trotz der zu erwartenden geringen Stückzahl hohe Aufmerksamkeit schenkte. Red Magnetics bündelt als Fachabteilung das Magnete-Know-how des Unternehmens Intertec Components, das seit über 15 Jahren in diesem Produktbereich mit eigener Fertigung aktiv ist und darüber hinaus mit Herstellern in Deutsch-

ten weitere Verbesserungen an den Laufblechen, der Zwangsführung und der Verwindungssteifigkeit. Dabei betrieben die Entwickler die verwendete 3-V-Linearmagnet-Version ITS-LS-1110B-D in Absprache mit Red Magnetics außerhalb der Datenblatt-Angaben. So wird der Magnet beim Öffnen mit einem extremen Strom-Peak »über-

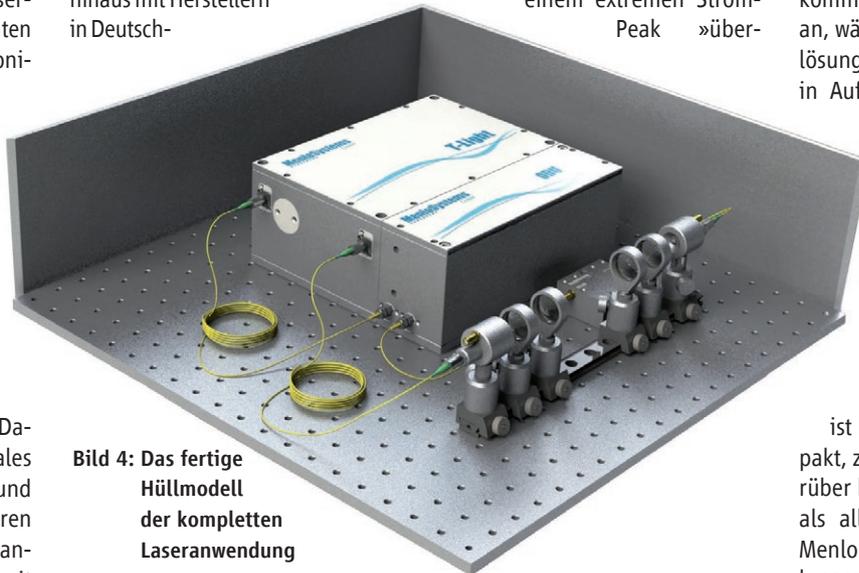


Bild 4: Das fertige Hüllmodell der kompletten Laseranwendung

land, Europa und Asien zusammenarbeitet. Telefonischer Support, lagernde Muster, die innerhalb von 24 Stunden bei Menlo Systems eingingen und die gemeinsame Wellenlänge der Gesprächspartner haben die Entwicklung sehr positiv beeinflusst: Von der Idee bis zum fertigen Prototypen vergingen nur wenige Wochen. Seit zwei Jahren produziert Menlo Systems die Shutterlösung nun bereits in Serie. In dieser Zeit erfolg-

bestromt«, um so noch schneller reagieren zu können, als das Datenblatt vorgibt. Dies führt zu einer Verschlusszeit von nur 10 ms. Danach wird der Linearmagnet in der eingenommenen Position (offen) nur mehr mit 50% des laut Datenblatt vorgegebenen Stroms gehalten. Diese geringe Stromaufnahme führt zu einem niedrigen Stromverbrauch und einer sehr geringen Hitzeentwicklung. Dies ist wichtig, da gerade die Temperatur

in Lasersystemen sehr kritisch ist und aktiv stabilisiert wird. Daher gilt es, jede weitere Wärmequelle konsequent zu vermeiden. Das Gehäuse des Shutters besteht aus schwarz eloxiertem Aluminium. Diese aus einem Aluminiumblock gefräste Form hat zwei wesentliche Vorteile: Sie wiegt weniger und ist nicht magnetisch, sodass keine Systembeeinträchtigung zu befürchten ist.

Die von Menlo Systems entwickelten Lasersysteme zeichnen sich vor allem durch eine sehr kompakte Bauform aus. Daher war es zwingend notwendig, den kleinsten am Markt verfügbaren Linearmagneten für die Shutterlösung zu finden. Insgesamt misst das fertige Shuttermodul 20 mm x 40 mm bei einer Bauhöhe von nur 5 mm (Bild 3). Dank dieser kompakten Bauform und der stabilen Ausführung ist der Menlo-Shutter universell einsetzbar, auch in Systemen mit zwei internen Shuttern. Gerade bei internen Anwendungen kommt es sehr auf die Baugröße an, während bei externen Shutterlösungen zu Forschungszwecken in Aufbauten auf Experimentier-

tischen die Abmessungen meist keine Rolle spielen. Dennoch eignet sich das interne Menlo-Shutter-System ohne weiteres auch für den externen Aufbau. Die nun vorliegende integrierte Shutterlösung aus dem Hause Menlo Systems ist laut Hersteller extrem kompakt, zuverlässig, effizient und darüber hinaus signifikant günstiger als alle bisherigen Alternativen. Menlo Systems stellt die Herstellungsqualität laufend mit einem speziell entwickelten Prüfstand sicher, an dem jeder Shutter eine definierte Zahl von Schaltzyklen ohne Fehler durchlaufen muss. Auch wenn eine externe Vermarktung dieses Produktes derzeit noch nicht im Fokus steht, gehen die Verantwortlichen davon aus, dass die Laserbranche auf diese Lösung positiv reagieren wird. (cg)

Red Magnetics
Telefon: 0 81 61/99 13 0
www.red-magnetics.com

OLIVER PFLÜGER 
 ist Geschäftsführer bei Red Magnetics