



# Auf den Punkt gebracht

## Editorial

In zunehmendem Maße werden YAG-Laser zum Beschriften und Markieren benutzt; wobei diese Laserart nicht etwa im Verdrängungswettbewerb mit dem CO<sub>2</sub>-Laser steht. Der YAG-Laser ergänzt den CO<sub>2</sub>-Laser und erschließt neue Anwendungsmöglichkeiten. Der YAG-Laser eröffnet neue Perspektiven – etwa im UV und im sichtbaren Bereich – durch Frequenzverdopplung bzw. –verdreifachung der Grundwellenlänge von 1064 nm. Damit können nun Materialien, die früher nicht – oder nur mit Schwierigkeiten – beschriftet/markiert werden konnten, effektiv bearbeitet werden. Im Rahmen einer lückenlosen Qualitätskontrolle bzw. –Qualitätssicherung, die durch ISO-Normen gefordert wird, sind diese Geräte aus dem „Markieralltag“ nicht mehr wegzudenken.

II-VI LOT GmbH bietet nun neben den CO<sub>2</sub>-Laser F-Theta Objektiven auch für den UV- und sichtbaren Bereich hochkorrigierte „pre-objective-scanning“ Linsensysteme an... übrigens auch für Anwendungen mit Excimer-, Dioden-, HeNe- oder Argon-Ionen-Lasern. Damit haben wir dem Wunsch unserer Kunden Rechnung getragen das komplette Einsatzspektrum für Markierungssysteme mit Scan-Optiken (auch als telezentrische Systeme) von UV bis IR abzudecken.

Herzlichst Ihr

*M. Berger*



... und dann habe ich zu meinem Chef gesagt, „Toleranzen? Was für Toleranzen? Für so nen Quatsch habe ich keine Zeit!“



## Wie funktioniert eine Wellenplatte?

Quarz ist ein einachsiger doppelbrechender Kristall mit zwei richtungs- und wellenlängenabhängigen Brechungsindizes. Fällt ein Lichtstrahl auf eine planparallele Quarzplatte, wird er seinen Polarisationsanteilen gemäß aufgeteilt in einen ordentlichen (o) und einen außerordentlichen (e) Strahl. Diese beiden Strahlen „sehen“ im Kristall die unterschiedlichen Brechungsindizes n<sub>o</sub> und n<sub>e</sub> und breiten sich dementsprechend mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten v=c/n aus. Beim Austritt aus dem Kristall ergibt sich zwischen beiden Strahlen eine Phasenverschiebung ΔΦ mit:

$$\Delta\Phi = \Delta\Phi_e - \Delta\Phi_o = 2\pi/\lambda (n_e - n_o)d$$

Durch Änderung der Kristalldicke läßt sich jede gewünschte Phasenverschiebung für eine bestimmte Wellenlänge produzieren. Technisch interessant sind hierbei vor allem die Phasenverschiebungen ΔΦ=π/2 (Viertelwellenplatte) zur Umwandlung von linear in zirkular polarisiertes Licht und ΔΦ=π (Halbwellenplatte) zur Drehung der Polarisationsrichtung linear polarisierten Lichtes.

Solche Wellenplatten wären jedoch für den praktischen Einsatz aufgrund ihrer geringen Dicke (~10–50 μm) recht unbrauchbar. Daher weisen gebräuchliche

Wellenplatten Dicken von z.B. 10 1/4 λ statt λ/4 auf. Man nennt diese Platten daher auch Multiple Order Plates (MO). Da diese jedoch sehr empfindlich auf geringe Änderungen der Wellenlänge oder Temperatur (Wärmeausdehnung!) reagieren, benutzt man meist sogenannte Zero Order Plates (ZO). Diese bestehen aus zwei MO-Platten, die mit gekreuzten Achsen optisch verklebt werden. So erzielt beispielsweise die o.g. 10 1/4 λ-Platte zusammen mit einer 10 λ-Platte eine Verschiebung um exakt λ/4.

Um Ihr optisches System nicht negativ zu beeinflussen, liegen die Verzögerungstoleranzen unserer Wellenplatten typischerweise im Bereich λ/200 – λ/600. Selbstverständlich erhalten Sie diese Komponenten auch mit Antireflexbeschichtung oder gefaßt. Auch wenn Sie eine „exotische“ Wellenlänge oder Phasenverschiebung benötigen, sprechen Sie uns an, wir helfen Ihnen gerne weiter.

Dr. Jens-Uwe Richter: 06151-8806-694  
richter@ii-vi-lot.de

## Inhalt

Editorial

CO<sub>2</sub>-F-Θ-Optiken nach Maß

Durchstimmbare UV-Laser

Polarisation des Laserstrahls

Unübertroffene Vielfalt für 10,6 μm

Wie funktioniert eine Wellenplatte?

ZnSe-Strahlteiler

1

Auf den Punkt gebracht erscheint 4 mal im Jahr.

Für den Inhalt verantwortlich: Manfred Berger.



II-VI LOT GmbH  
Im Tiefen See 58  
64293 Darmstadt  
www.ii-vi-lot.de  
Tel.: 06151/880629  
Fax: 06151/896667

## ZnSe-Strahlteiler: Unübertroffene Vielfalt für 10,6 µm

Aus einem wird zwei, oder aus einem wird drei ist kein längst vergessenes Kinderlied sondern der häufigste Verwendungszweck für Strahlteiler. Warum nicht mit der überschüssigen Laserleistung eine zweite Bearbeitungsstation aufbauen?

Der Vorteil liegt in der Anschaffung und im Betrieb nur eines Lasers, außerdem können Sie so die Bearbeitungszeiten halbieren bzw. die Stückzahlen verdoppeln. Nur in Ausnahmefällen ist ein wirklicher Strahlteiler von Nöten – in den meisten Fällen reicht eine sogenannte Strahlteileralternative – eine teilreflektierende, unter 45° eingesetzte Beschichtung – völlig aus. Teilreflektierenden Beschichtungen werden standardmäßig für Auskoppelfenster bei senkrechtem Laserstrahleinfall produziert und eingesetzt. Verwendet man diese bei einem Einfallswinkel von 45° zur Strahlteilung, ändert sich die Reflektivität je nach Polarisations-Zustand.

Um z.B. einen 50/50-Strahlteiler für P-Polarisiertes Licht zu erhalten, verwendet man ein ZnSe-Fenster mit einer 75% Reflexionsschicht auf der einen und einer Antireflexbeschichtung auf der anderen Seite (siehe Tabelle).

Als Besonderheit bieten wir für 50/50- und 33/67-Strahlteiler eine polarisationsunabhängige Beschichtung an.

Reflektivität von ZnSe-PRs bei 10,6 µm			
Nominale Reflektivität bei 0°	Reflektivität bei 45°		
	S-Polarisation	P-Polarisation	unpolarisiert
40,0%	52,6%	21,3%	37,0%
50,0%	62,7%	29,3%	46,0%
60,0%	72,0%	38,6%	55,3%
65,0%	74,9%	40,4%	57,6%
70,0%	79,0%	45,2%	62,1%
75,0%	83,2%	50,8%	67,0%
80,0%	87,1%	57,5%	72,3%
85,0%	91,1%	65,8%	78,5%
90,0%	92,7%	67,0%	79,8%
95,0%	97,3%	82,1%	89,7%
99,0%	99,7%	95,1%	97,4%
99,5%	99,7%	93,5%	96,5%

Gleichgültig, ob Sie S- oder P-polarisiertes Licht haben, bei diesen polarisationsunabhängigen Strahlteilern bleiben die Polarisationszustände zusammen mit ihren Leistungsanteilen erhalten. Bei zeitlich veränderlichen Polarisationsverhältnissen oder auch festen Zusammenhängen (wie z.B. zirkular polarisiertem Licht) zwischen S und P bedeutet dies einen großen Vorteil, da ansonsten zwar die reflektierte Leistung garantiert wird, aber der Original-Polarisationszustand verloren geht. Im Falle des zirkular polarisierten Lichtes (nach einem  $\lambda/4$ -Phasenschieber-Spiegel) würde dies erhebliche Qualitätsunterschiede zwischen dem reflektierten und transmittierten Strahl bedeuten.

Martin Benzing: 06151-8806-23  
benzing@ii-vi-lot.de

## Durchstimmbare UV-Laser

Neben den bekannteren Laserkristallen wie Rubin, Nd:YAG und Nd:YLF erhalten Sie bei II-VI LOT auch die neuartigen Ce:LiSAF-Kristalle (LiSrAlF<sub>6</sub>) von VLOC/II-VI Inc. Für diese Entwicklung erhielt VLOC 1996 gemeinsam mit dem Lawrence Livermore National Laboratory den R&D 100 Award.

Ce:LiSAF läßt sich durchstimmen im Bereich zwischen 280 und 320 nm. Da viele Moleküle wie Ozon, Schwefeldioxid und aromatische Verbindungen Absorptionsbanden im Ultravioletten besitzen, ist dieser Laser u.a. prädestiniert für Umweltuntersuchungen.



Licht eines Nd:YAG-Lasers (266 nm). Dieses Pumplicht wird dann vom Ce:LiSAF mit einer Effizienz bis zu 50% in Laserstrahlung der gewünschten Wellenlänge umgesetzt.

Die Tatsache, daß es nun möglich ist, auf einfache Art und Weise UV-Licht direkt aus einem Laserkristall zu erhalten, wird in naher Zukunft mit Sicherheit zu einer Vielzahl neuer Laseranwendungen führen.

Übrigens liefern wir auch Cr:LiSAF für den Emissionsbereich 780 – 1.060 nm.

Weitere Informationen über Cr:LiSAF finden Sie unter: <http://www.llnl.gov/str/Marshall.html>

Zum Pumpen des Kristalls benötigen Sie UV-Licht. In der Regel verwendet man hierfür das frequenzvervierfachte

Dr. Jens-Uwe Richter: 06151-8806-694  
richter@ii-vi-lot.de

# Polarisation des Laserstrahls – der Phasenschieber bringt's

Natürlich schneidet (oder schweißt) ein CO<sub>2</sub>-Laser auch ohne Polarisationsoptiken. Aber eben nicht gleich gut in allen Richtungen...

Anfang der 80er Jahre wurde die Polarisationsabhängigkeit (der Laserstrahlung) in Bezug auf optimale Bearbeitungsergebnisse bei metallischen Werkstoffen erkannt. Aufgrund des prinzipiellen Aufbaus der Hochleistungslaser ist deren emittierte Strahlung normalerweise „linear“ polarisiert. Dies bedeutet, dass die zum Schneiden notwendige Energie/Leistung eine „Vorzugsrichtung“ aufweist. Stimmt diese (zufällig!) mit der Schnittrichtung überein, so erreicht man optimale Schnittbedingungen (hohe Geschwindigkeit, gerade Schnittkanten, geringe Gratbildung und glatte Schneidfugen). Weicht man von der „Vorzugsrichtung“ ab, was der Normalfall ist, verschlechtert sich das Schnittbild zusehends. Die schlechtesten Ergebnisse zeigen sich, wenn der Schnitt senkrecht zur „optimalen“ (Vorzugs-) Richtung verläuft. Die Schnittgeschwindigkeit muss heruntergenommen werden und es bildet sich ein mehr oder weniger ausgeprägter Grat. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Laserstrahlung – so wie sie aus dem Laserresonator austritt – in der Richtung, die die Konstruktion des Lasers vorgibt, linear polarisiert ist, so wie man ein Messer beim Schneiden von Butter am Besten in Richtung der Messerschneide – und nicht etwa quer dazu – benutzt!



10 mm Edelstahl-Schneidmuster  
mit unterschiedlicher Schnittqualität

Nun kann man allerdings das Messer beim Schneiden in beliebige Richtung drehen und somit Konturen schneiden, was beim Laserstrahl nur mit größerem Aufwand möglich ist. Aus diesem Grund muss man sich von der „Vorzugsrichtung“ und der „linearen“ Polarisation unabhängig machen, was durch entsprechende Optiken auch erreicht wird.

Um beim Beispiel des Messers zu bleiben: Wenn wir die Messerklinge z.B. durch einen dünnen Draht ersetzen, so sieht man sofort, dass die Schnittrichtung nun beliebig gewählt werden kann – bei gleichbleibender Schnittqualität. Die Polarisationsoptik in Ihrem Strahlführungssystem bewirkt genau das.



10 mm Edelstahl-Schneidmuster  
5 kW-CO<sub>2</sub>-Laser, leicht elliptisch polarisiert,  
Phasenverschiebung <math><90^\circ</math>

Die „lineare“ Polarisation wird umgewandelt in „zirkuläre“ Polarisation – die Klinge wird zum Draht! Die dazu benötigten Optiken heißen entweder „Zirkularpolarisatoren“ oder „Phasenschieber“ (englisch: Phase Retarder) oder auch einfach „Polarisationsoptiken“. Diese Optiken sind im Wesentlichen speziell beschichtete Spiegel, wobei die spiegelnden Schichten allerdings die hohen Leistungen vertragen müssen. Gleichzeitig sollen sie den Laserstrahl durch definierte Aufspaltung in seine beiden linearen Komponenten so beeinflussen, dass er „zirkular“ polarisiert wird und damit seine Leistung in jede Richtung gleich effektiv an das zu bearbeitende Werkstück abgibt.



10 mm Edelstahl-Schneidmuster  
5 kW-CO<sub>2</sub>-Laser, zirkularpolarisiert,  
Phasenverschiebung  $90^\circ (\pm 2^\circ)$

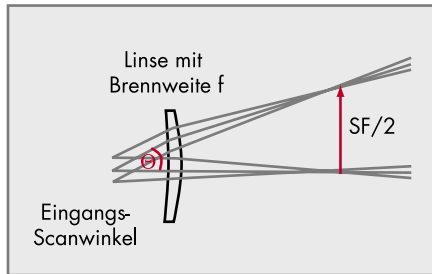
Dies ist durchaus nicht so einfach wie es sich anhört, denn um wirklich gute Ergebnisse zu erzielen ist es nötig, die Optiken und deren dielektrisches Schichtsystem mit sehr geringen Toleranzen zu fertigen. Die Zirkularpolarisation muss auf kleiner als 1% stimmen (d.h.: der „Draht“ darf nicht unrund – z. B.: elliptisch – sein) und gleichzeitig sollen diese Optiken aber viele Kilowatt Laserleistung vertragen, ohne sich nennenswert zu erwärmen, zu verziehen oder sonst zu verändern.

II-VI stellt diese Optiken her! Mit reproduzierbarer Qualität. Auf Kupfer- oder Siliziumsubstrat. Für höchste Leistungen und Leistungsdichten. Noch Fragen....?

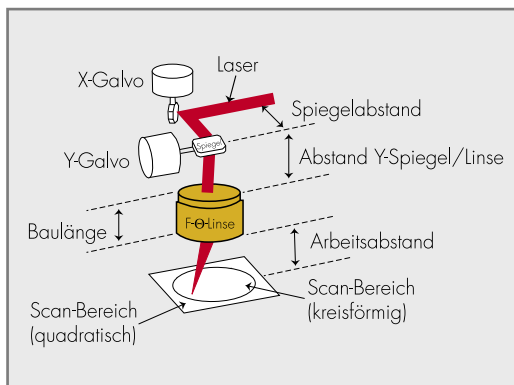
Bitte rufen Sie uns an.

 Uwe Schmidt: 061 51-8806-15  
schmidt@ii-vi-lot.de

F- $\theta$ -Optiken genügen in Ihren Abbildungseigenschaften der sogenannten F- $\theta$ -Bedingung, wobei die zu scannende Fläche SF/2 proportional zur Brennweite f und zum Einfallswinkel  $\theta$  ist:  **$SF=2f\theta$** .



F- $\theta$ -Optiken liefern eine speziell korrigierte Verzerrung, um über die zu scannende Fläche einen möglichst gleichmäßigen Fokusbereich zu liefern. Die Bewegung über das Arbeitsfeld erfolgt dabei durch sich bewegendes Spiegel - auch Scanner Spiegel genannt.



Im Einsatzbereich solcher speziellen Fokussieroptiken wie z. B. dem Markieren und Gravieren werden an das Endprodukt zum Teil sehr unterschiedliche Anforderungen gestellt. Um diesen gerecht zu werden, können wir eine kundenspezifische Optik entwerfen. Somit kann Ihnen schon vor dem Einsatz der Optik bewußt werden, wo deren Grenzen liegen.

Idealerweise wünscht man sich über die gesamte Arbeitsfläche den gleichen Fokusbereich. Je nach Komplexität des verwendeten F- $\theta$ -Linsensystems entspricht der Verlauf des konstanten Fokusbereichs einer nach oben geöffneten Halbkugel. Mit zunehmendem Abstand vom Zentrum entfernt sich der optimale Fokus von der Arbeitsfläche. Gleichzeitig trifft der Laserstrahl nicht mehr senkrecht auf die Ebene, sondern unter einem zunehmenden Winkel: der Fokus wird elliptisch. Um diesen Fehler zu beheben, verwendet man spezielle telezentrische Optiken, wie im nebenstehenden Bild dargestellt.

Die auf dem Arbeitsfeld entstehenden Fehler zeigen sich unter anderem als Ortsabweichung, d.h.

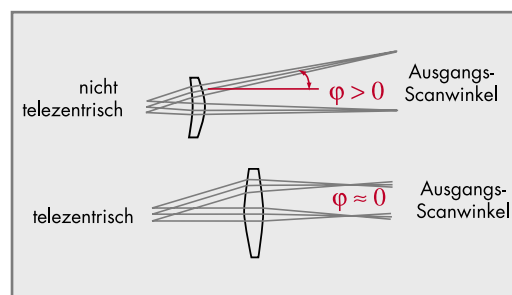
Abweichung eines auf einer Scanlinie liegenden Punktes vom vorberechneten Wert und in einer Änderung des Maßstabs über das gesamte Arbeitsfeld.

Die Qualität der Abbildung und damit des Endproduktes wird von der Qualität und der Anzahl der verwendeten Optiken bestimmt. Als einfachste F- $\theta$ -Optik kann eine Plankonvexlinse angesehen werden. Mit zwei gekrümmten Oberflächen verspricht aber eine Meniskusform schon weitaus bessere Resultate. Doubles, Triplets bieten viele verschiedene Designmöglichkeiten bis hin zu Quadruplets, die insbesondere in der Halbleiterindustrie zum Bohren von Löchern in Leiterplatten mit hoher Präzision verwendet werden.

Neben sphärisch gekrümmten Oberflächen können bei II-VI mittels Diamantbearbeitungsmaschinen natürlich auch asphärische Oberflächen produziert werden. Alle diese Optiken können ungefaßt geliefert werden, bei Mehrlinsensystemen auch gefaßt.

Bei solch hochwertigen und teuren Optiken ist ein Schutz gegen Verunreinigung oder Zerstörung unerlässlich. In den meisten Fällen werden dazu Schutzfenster aus ZnSe verwendet. Alternativ kann aber auch die letzte Linsenoberfläche mit einer speziellen Antireflexbeschichtung versehen werden. Diese verspricht eine deutlich höhere Abriebfestigkeit bei häufiger Reinigung. Ebenfalls möglich ist auch die Wiederaufarbeitung der Optiken, d.h. Entfernung der alten Beschichtung, überpolieren und anschließende Neubeschichtung.

Bei genauerer Betrachtung komplexer Scan-Systeme dürfen auch die Scannerspiegel nicht außer Betracht bleiben. Bei Verwendung mehrerer Linsen verringert sich die Gesamttransmission des Systems, so daß auch bei den Scannerspiegeln auf höchste Reflektivität bei unterschiedlichen Einfallswinkeln geachtet werden muß. Spezielle Beschichtungen garantieren Reflexionen von mindestens 99.8% für S-Polarisation und 99.6% für P-Polarisation. Darüber hinaus werden mindestens 80% Reflexion für die HeNe-Laserwellenlänge von 633 nm garantiert.



II-VI LOT GmbH  
Im Tiefen See 58  
64293 Darmstadt  
www.ii-vi-lot.de  
Tel.: 06151/880629  
Fax: 06151/896667

Susanne Koeble: 06151-8806-499  
koeble@ii-vi-lot.de