

Laserzeichen

METALLISCHE OBJEKTE MARKIEREN MIT LICHT

Identifizierung und Rückverfolgbarkeit sind unverzichtbar für eine transparente, automatisierte Produktion. Um Metalloberflächen mit wichtigen Informationen zu versehen, eignen sich Festkörperlaser mit 1064 nm Wellenlänge. Unter Qualitäts- und Produktivitätsgesichtspunkten heben sich Faserlaser beim Markieren besonders hervor.

MARCUS BRINKHEINRICH

Um ein Objekt mit dem Laser zu beschriften, wird der Laserstrahl mithilfe eines Linsensystems auf das Material fokussiert. Die Wechselwirkung mit der Oberfläche führt zu einer Veränderung des Werkstoffs – zum Beispiel zu einer Verfärbung (Aufschäumen, Bleichen, Kar-

bonisieren) oder einer Gravur beziehungsweise einem Materialabtrag. Wie sich der Werkstoff im Einzelnen verändert, hängt vor allem von der Wellenlänge des Lasers und von der Leistungsdichte des Laserstrahls im Fokus ab. Weitere Einflussgrößen sind das zu bearbeitende Material und die Bearbeitungsparameter wie Laserleistung und Beschriftungsgeschwindigkeit.

Laserbeschriften: Verfahren im Überblick

Beim Lasermarkieren unterscheidet man zurzeit drei Verfahren:

- Das **Vektorbeschriften** ist die am häufigsten verwendete Methode. Dabei lenken zwei bewegliche Spiegel, die Galvanometerscanner, den Laserstrahl in

X- und Y-Richtung über das Werkstück. Das Schriftbild entsteht aus einer Vielzahl von Linien (Vektoren). Dieses universelle Verfahren kann fast alle Beschriftungsaufgaben lösen. Seine Vorteile werden vor allem dort deutlich, wo häufig wechselnde Beschriftungen erforderlich sind: beispielsweise beim Kennzeichnen von Werkstücken mit laufenden Nummern, unterschiedlichen Namen und Logos oder bei Beschriftungen mit aktuellen Daten, die direkt über eine Schnittstelle übernommen werden können.

■ Das **Rasterbeschriften** wird heute nur noch in der Druckindustrie zum Belichten von Filmschichten eingesetzt.

Bei allen anderen Beschriftungsaufgaben ist es nahezu vollständig durch das Vektorbeschriften ersetzt worden. Beim Rasterverfahren wird der Laserstrahl ebenfalls über zwei bewegliche Spiegel in X- und Y-Richtung abgelenkt. Der Laserstrahl bewegt sich, analog einem Fernsehbild, zeilenweise mit einer konstanten Geschwindigkeit von links nach rechts. Am Ende einer Linie springt der Laserstrahl eine Zeile tiefer und wiederholt den Vorgang. An den Stellen, die markiert werden sollen, wird der Laserstrahl für einen kurzen Moment freigegeben und das Schriftbild so Zeile um Zeile aufgebaut. Allerdings ergibt der gerasterte Bildaufbau eine geringere Qualität der Beschriftung.

■ Das **Maskenbeschriften** kommt vorwiegend beim Kennzeichnen von Massenprodukten zum Zuge.

Dieses Verfahren benötigt die kürzesten Beschriftungszeiten. Hier durchleuchtet

KONTAKT

Panasonic Electric Works Europe AG,
83607 Holzkirchen,
Tel. 0 80 24 /6 48 - 283,
Fax 0 80 24 /6 48 - 111,
www.panasonic-electric-works.de
www.laser-marker.de
Laser 2007: B3.432

der Laserstrahl eine mechanische Schablone. Diese verändert seine Geometrie; der Strahl wird über ein Linsensystem auf das Werkstück abgebildet und entwirft dort ein verkleinertes, seitenverkehrtes Abbild der Maske. Ist die Maske nicht größer als das homogene Strahlprofil des Laserstrahls, kann die komplette Markierung mit einem einzigen Laserpuls von zirka 1 μ s Länge abgeschlossen werden. Ist die Maske allerdings größer als der Querschnitt des Strahlprofils, durchleuchtet der Strahl die Maske mehrfach örtlich gegeneinander versetzt. Der Nachteil dieses Verfahrens gegenüber dem Vektorbeschriften liegt in der deutlich geringeren Flexibilität.

Das Vektorverfahren bietet sich aufgrund seiner Flexibilität, der einfachen Programmierung – lediglich die Bewegung des Galvanometerscanners muss programmiert werden – und wegen der hohen Qualität der Beschriftung für die meisten Anwendungen an.

Metalle markieren mit Festkörperlasern

Für die meisten Applikationen aus der Automobil-, der Automobilzuliefer- oder der Metallindustrie müssen die Lasermarker in der Lage sein, Metalle zu beschriften. CO₂-Laser sind mit ihrer Wellenlänge im fernen Infrarot hierfür nicht geeignet. Um eine kontrastreiche und gut lesbare Kennzeichnung auf Metallen zu erzeugen, benötigt man Festkörper-Lasermarker mit einer Wellenlänge von 1064 nm.

Der Grund dafür liegt in der Beschaffenheit der Metalle mit einer festen Gitterstruktur und frei beweglichen Elektronen. Trifft ein Laserstrahl auf diese Elektronen, absorbieren diese einen Teil des Laserlichts. Es kommt beispielsweise zu einer Erwärmung der Oberfläche; der Werkstoff kann schmelzen oder verdampfen. Der Rest des Laserlichtes wird reflektiert. Der Absorptionsgrad hängt vom Einfallswinkel des Laserstrahls und von der Oberflächenbeschaffenheit des Materials, aber vor allem vom Material selbst und von der Wellenlänge des Lasers ab. Beim Versuch, Metall mit einem CO₂-Laser zu beschriften, wird ein zu großer Anteil des einfallenden Lichts reflektiert und zu wenig absorbiert, mit der Folge, dass sich das Metall lediglich lokal erwärmt.

Marker mit Faserlasern sind leichter zu integrieren

Der Systemhersteller Sunx hat mit der Lasermarkerserie »LP-V10« eine neue Gerätegeneration mit Faserlasern (siehe **Bild 1** und **INFO**-Kasten auf **Seite 36**) entwickelt. Sie lassen sich – im Vergleich zu Nd:YAG-Systemen – in kleineren Gehäusen unterbringen, denn die Strahlquelle sitzt nicht im Laserkopf, sondern im Controller selbst. Voraussetzung dafür ist eine flexible Faser von 5 m Länge, die Kopf und Controller verbindet. Das vereinfacht die Integration des Markers in bereits bestehende Anlagen. Im Laserkopf befinden sich lediglich ein Faserverstärker, die Optik und der schnelle Galvanometerscanner.

Da die Laserdioden beim optischen Pumpen sehr schonend eingesetzt werden können, kann man bei einem FAYb- (Fiber-Amplified-Ytterbium-) Laser von einer reinen Markierzeit von bis zu 30 000 Stunden (mehr als 60 000 Betriebsstunden) ausgehen. Auch der Wirkungsgrad dieses Faserlasers konnte durch eine Weiterentwicklung der bisherigen Technik erheblich gesteigert werden. Dank ihres reduzierten Stromverbrauchs von 390 VA verursachen diese Geräte, die mit einfacher Luftkühlung auskommen, niedrigere Fixkosten als bisherige Lösungen.

Rückverfolgbarkeit – ein Trend wird zum Muss

Nach der Kennzeichnung von Produkten mit einem Code wird häufig auch das Lesen desselben gefordert: im Sinne einer eindeutigen Identifizierung und Rückverfolgbarkeit. Dieser Trend wird angetrieben von zunehmenden Richtlinien und Verordnungen sowie vom Streben nach einer transparenten und automatisierten Produktion mit optimaler Logistik. In diesem Zusammenhang erfährt der Datamatrix-ECC-Code dank seiner Informationsdichte, seiner Lesesicherheit und der Möglichkeit der direkten, dauerhaften Aufbrin- ▶

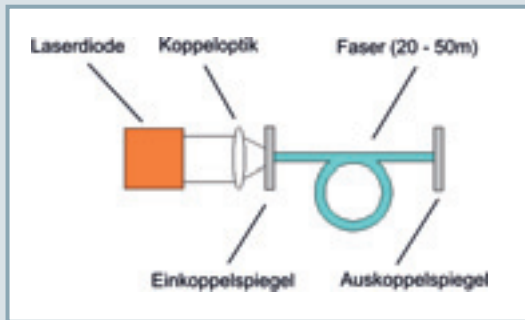


1 Der Faserlaserbeschriftler LP-V10 lässt sich platzsparend in bestehende Anlagen integrieren. Die Strahlquelle ist über eine optische Faser mit dem Laserkopf verbunden

INFO: Faserlaser

Ein Strahlquellenkonzept mit Vorteilen

Faserlaser als Ersatz für herkömmliche Festkörperlaser finden bei den Anwendern von Materialbearbeitungs- und Produktkennzeichnungssystemen immer mehr Akzeptanz. Das liegt an den besseren Leistungsmerkmalen, welche die Industrie



1 Schematischer Aufbau eines Faserlasers

nicht nur erwünscht, sondern zum Teil aufs Sehnlichste erwartet hat. Dazu gehören eine exzellente Strahlqualität (Single Mode, TEM_{00}), niedrige Betriebskosten (Stromverbrauch, Kühlung), geringe Wartung und eine deutlich längere Lebensdauer.

Prinzipiell unterscheidet sich der Resonator eines Faserlasers wenig von dem eines herkömmlichen diodengepumpten Festkörperlasers. Alle typischen Resonatorkomponenten sind auch hier vorhanden: Laserdioden als Pumpquelle, eine Technik, um das Pumplicht in das aktive Medium einzukoppeln, das aktive Medium selbst mit Spiegeln in einer Resonatorkonfiguration und ein Prozess, um die entstehende Wärme abzuführen.

Aber genau in den Eigenschaften und Details dieser Komponenten liegt der Grund dafür, dass Faserlaser anderen Festkörperlasern überlegen sind.

Bild 1 zeigt den typischen Aufbau eines endgepumpten Faserlasers. Bei einem Laser dieses Typs wird die Strahlung eines Diodenlasers über eine Koppeloptik in den Wellenleiter – die Faser – eingespeist. Diese Faser enthält das aktive Medium, in dem die Laserverstärkung stattfindet. Sie bestimmt zudem die Strahleigenschaften und die -qualität anhand ihrer Geometrie. Damit ist diese Laserart weitgehend unabhängig von äußeren Einflüssen. Die Wechselwirkung der einge-

brachten Dotierung aus Seltenerdelenen mit dem umgebenden Material führt zu einer spektralen Verbreiterung der Absorptions- und Emissionsbanden (typischerweise 15 nm). Das ist ein Vorteil des Faserlasers, weil damit für die Pumpquelle eine geringere Frequenzstabilität und keine Temperaturstabilisierung notwendig ist.

Fast alle in der Industrie eingesetzten Faserlaser verwenden das Doppelkernkonzept (Double-Clad Fibers). Dabei wird das Pumplicht der Laserdiode in einem angepassten, vielmodigen und undotierten Pumpkern mit der Brechzahl n_2 eingekoppelt, die wie bei einer Stufeindexfaser von einem Mantel mit geringerem Brechungsindex n_3 umgeben ist. In den Pumpkern eingebettet ist ein weiterer, laseraktiv dotierter Kern mit dem Brechungsindex $n_1 > n_2$. Der Radius des inneren Kerns und die Brechzahlen n_1 und n_2 werden so gewählt, dass auf der Laserwellenlänge nur die transversale Grundmode anschwingen kann. Das im Pumpkern geführte Pumplicht koppelt über die gesamte Faserlänge in den Laserkern über und wird dort von den laseraktiven Ionen absorbiert. Der Wirkungsgrad eines Faserlasers beträgt typischerweise 10 bis 15 Prozent und liegt deutlich über dem eines Nd:YAG-Lasers.

Das Konzept des endgepumpten Faserlasers ist also vor allem deshalb attraktiv, weil es die Vorteile einer Wellenleiterstruktur zur Verbesserung der Lasereigenschaften eines mit Seltenerdionen dotierten Glases ausnutzt.

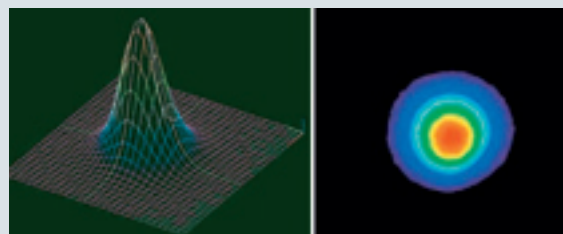
Die Faser bestimmt die Strahlqualität

Die Faser bestimmt die Strahlqualität

Ein entscheidender Vorteil der Faser gegenüber allen anderen Festkörperlasern ist ihre exzellente Strahlqualität. Das Strahlparameterprodukt aus Strahltaille

und räumlicher Divergenz der Laserstrahlung ist allein durch die physikalischen Eigenschaften der Faser bestimmt. In einer Single-Mode-Faser hat die Gaußsche Grundmode deutlich geringere Verluste als alle höheren Moden, sodass über die Länge der Faser nur die Grundmode ausbreitungsfähig ist. Das führt zu einer deutlich besseren Strahlqualität. Um diese beschreiben zu können, benutzt man die Größe M^2 , das Strahlparameterprodukt, die idealerweise eine Gaußkurve beschreibt und dann gleich 1 ist. Bei den »LP-V10«-Geräten von Sunx beispielsweise ist $M^2 = 1,1$ (**Bild 2**).

Um den Faserlaser für Laserbeschriftungen einsetzen zu können, wird er nicht als Dauerstrichlaser (cw) verwendet, sondern gepulst betrieben. Um auf bestimmten Materialien einen Farbumschlag zu erzeugen, benötigt man eine hohe Pulsspitzenleistung. Dafür hält man die Güte des Laserresonators niedrig, während im Resonator das aktive Material kontinuierlich mit Energie aufgepumpt wird. Dies geschieht mit einem



2 Strahlprofil des Faserlasers »LP-V10-C« von Sunx

sehr schnellen sogenannten Q-Switch, einem akusto- oder elektro-optischen Güteschalter, der die gespeicherte Energie lawinenartig in einen Laserpuls abgibt. Ein 12-W-Faserlaser kann so Pulsspitzenenergien von bis zu 20 kW erzeugen.

Um die Gestaltung des Pulses beziehungsweise die Pulsdynamik kontrollieren zu können, wird bei der LP-V10-Serie eine Weiterentwicklung der MOPA-Technik verwendet, die sich MOPFA (Master Oscillator & High Power Fiber Amplifier) nennt. Der MOPFA macht es möglich, die Pulsspitzenleistung auch bei hohen Wiederholraten zu erzielen. Das wiederum beschleunigt die Laserbeschriftung erheblich.

■ gung auf verschiedenste Materialien zunehmende Verbreitung. Auf nur wenigen Quadratmillimetern lässt sich eine große Menge Daten unterbringen. Der Code kann maximal bis zu 1558 Ascii-Zeichen aufnehmen. Damit passt diese Art der Bauteil-Direktmarkierung auch auf kleinste Flächen. Die Bauteilsignatur kann so beispielsweise zwischen die immer enger platzierten Leiterbahnen und Bauteile der Elektronik gesetzt werden. Damit tragen Leiterplatten und Elektronikkomponenten alle relevanten Produktdaten auf kleinster Fläche wie eine Geburtsurkunde immer bei sich. Der Laser kann zusätzlich Klartextinformationen, wie eine Seriennummer, ergänzen.

Um einen 2D-Code auslesen zu können, braucht man kein High-End-Bildverarbeitungssystem. Der ›Panasonic PD60/65‹ ist ein sogenannter Visionsensor, eine Mischung aus einem Optosensor und einem ausgewachsenem Bildverarbeitungssystem. Er ist auf das Lesen von Datamatrix-ECC200- und QR-Code, einem im asiatischen Raum verbreiteten Code, spezialisiert. Besonders bei schwierigen Direktmarkierungen auf Metall liefert dieses Lesegerät gute Ergebnisse. ■

Fazit: Informationen auf Kunststoffen und Metallen

Die LP-V10-Marker können mit Laserprozessen wie Gravieren oder Anlassen nahezu alle Metalle und mittels Laserbehandlungen wie Schäumen, Karbonisieren oder Bleichen auch Kunststoffe beschriften. Eine Auswahl von Markierbeispielen, die mit einem Faserlaser beschriftet worden sind, zeigt das **Titelbild**. Mithilfe einer integrierten Encoder-Schnittstelle lassen sich Objekte markieren, die in einer automatisierten Produktionsstrecke, zum Beispiel über ein Förderband, bewegt werden – das sogenannte **Beschriften-on-the-Fly**.

AUTOR

MARCUS BRINKHEINRICH

(m.brinkheinrich@eu.pewg.panasonic.com) ist Produkt- und Verkaufsmanager für Lasermarker sowie Produktmanager für Automation Control Devices bei Panasonic Electric Works Europe.