Der Laser als Impulsgeber in der Elektronikfertigung

Ob Schneiden, Ritzen, Bohren oder Strukturieren: Um eine hohe Qualität von Elektronikkomponenten zu gewährleisten, wartet die Lasertechnik regelmäßig mit Innovationen auf, beispielsweise beim **KERAMIKRITZEN** oder dem kontaktlosen **NUTZENTRENNEN** von Leiterplatten.

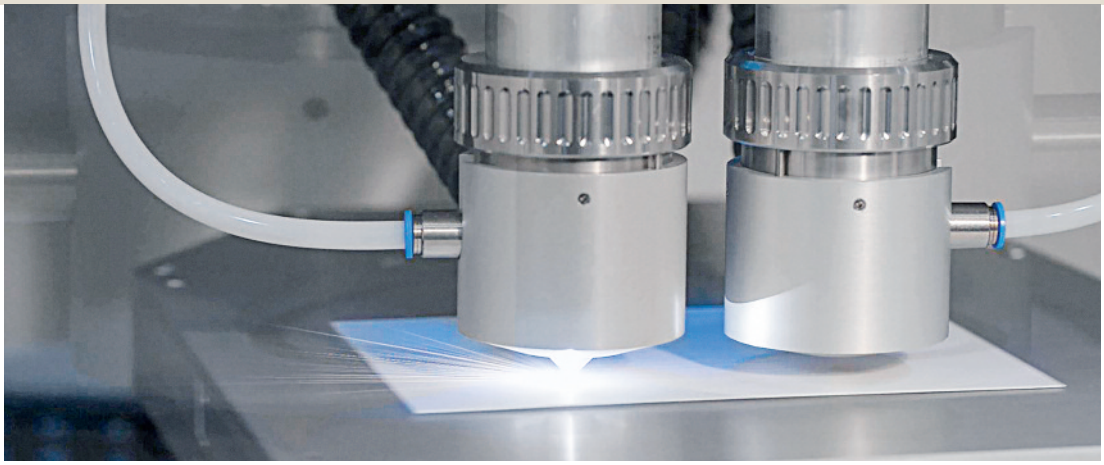


Bild 1. Laserritzverfahren für Keramiksubstrate: schnell, präzise und verschleißfrei

ANDERS PENNEKENDORF

Ob Schneiden, Ritzen, Bohren oder Strukturieren: Laser sind heutzutage bei ganz unterschiedlichen Verfahren gefragt. Allerdings bringt die Integration eines Lasers in einen Fertigungsprozess mehrere Herausforderungen mit sich: Die Lasermaterialbearbeitung soll schnell und präzise sein, der Produktionsdurchsatz gleichzeitig hoch gehalten werden. Um Fertigungsprozesse weiter zu optimieren und eine hohe Qualität der Bauteile zu gewährleisten, wartet die Laserbranche regelmäßig mit Innovationen auf.

Dabei ist die Technologie selbst noch recht jung: Erst 1960 – vor 60 Jahren – entwickelte der US-amerikanische Physiker Theodore Harold Maiman den ersten Laser. Eine Erfindung, die das 20. Jahrhundert mit prägen sollte. In den 70er-Jahren erfolgte dann der endgültige Einzug der Lasertechnik in die Industrie. Bis heute zeichnet sich die Trennung von Materialien per Laser gegenüber mechanischen Verfahren durch ihre Flexibilität und Steuerbarkeit, vor allem aber durch ihre äußerst hohe Qualität aus.

Gerade in der Mikromaterialbearbeitung hat die Gewährleistung von Qualität und Genauigkeit oberste Priorität: Komponenten werden immer kleiner und filigraner, entsprechend fein und präzise muss die Bearbeitung sein. Vor allem hier spielt der Laser seine Vorteile gegenüber klassischen Verfahren wie dem Sägen und Fräsen aus: Konstruktionsmerkmale können rasch angepasst werden, die Nachbearbeitung von Produkten in der Fertigung ist bedeutend geringer und die Verwendung von Zusatzstoffen wie Schmiermitteln, Emulsionen oder Wasser entfällt. Zudem ist die Bearbeitung per Laser mit einer Vielzahl an Materialien kompatibel. Hierzu zählen zum einen Metalle wie Aluminium, Edelstahl, Eisen oder Titan, zum anderen Nichtmetalle wie Kunststoffe, Verbundwerkstoffe oder Keramik.

Einsatzgebiete elektronischer Keramikbauteile

Keramische Hochleistungswerkstoffe sind aus der Mikro- und Feinwerktechnik nicht mehr wegzudenken und finden aufgrund ihrer elektrischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften als Substratmaterial vielseitigen Einsatz. Das gilt

> KONTAKT

HERSTELLER
InnoLas Solutions GmbH
D-82152 Krailling
Tel. +49 89 81059168-1090
Fax +49 89 81059168-1900
www.innolas-solutions.com

Bilder: InnoLas Solutions

© MIKROvent, Mainburg

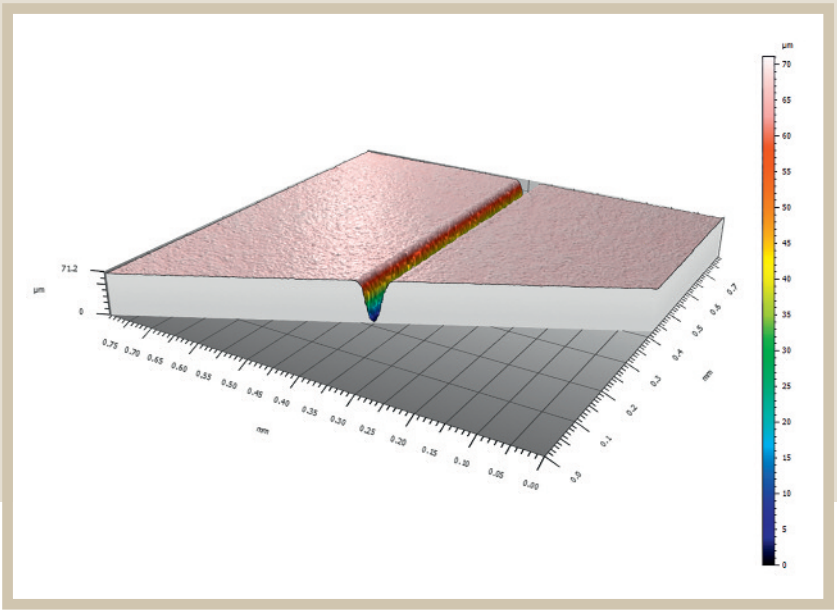


Bild 2. Mithilfe eines Ultrakurzpulslasers hergestellte Schnittfuge in einem Keramiksubstrat

beispielsweise für die Herstellung moderner Elektronikkomponenten in der Elektromobilität, Unterhaltungselektronik oder Medizintechnik.

Mehrschichtige Keramikkondensatoren bilden seit vielen Jahren das Rückgrat der Elektronikbranche und gehören zu den meistproduzierten passiven Komponenten. MLCC (Multilayer Ceramic Chip Capacitor) zeichnen sich gegenüber allen anderen Kondensatoren durch eine wesentlich kompaktere Bauweise aus: Ein Basiskondensator besteht aus zwei leitenden Elektroden, die durch ein isolierendes dielektrisches Material getrennt sind.

Zur Mehrlagenkeramik zählen ebenfalls Substrate auf Basis von LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic) und HTCC (High Temperature Cofired Ceramics). Auch hier dient Keramik als Trägermaterial, wobei einzelne ungebrannte Folien mit aufgedruckten Leiterbahnen übereinander laminiert und in einem einzigen Schritt zusammengebrannt werden.

Sogenannte Direct-Bonding-Copper-(DBC-)Substrate bilden das Rückgrat von Elektronikkomponenten, die in Antriebssteuerungen von Elektrofahrzeugen, in Automotive-Komponenten oder in der Energietechnik eingesetzt werden. Sie bestehen aus Kupfer-Keramik-Verbindungen, wobei als Isolierungsschicht zumeist Aluminiumoxid oder -nitrid dient und die Kupferverbindungen das elektrisch leitende Layout liefern.

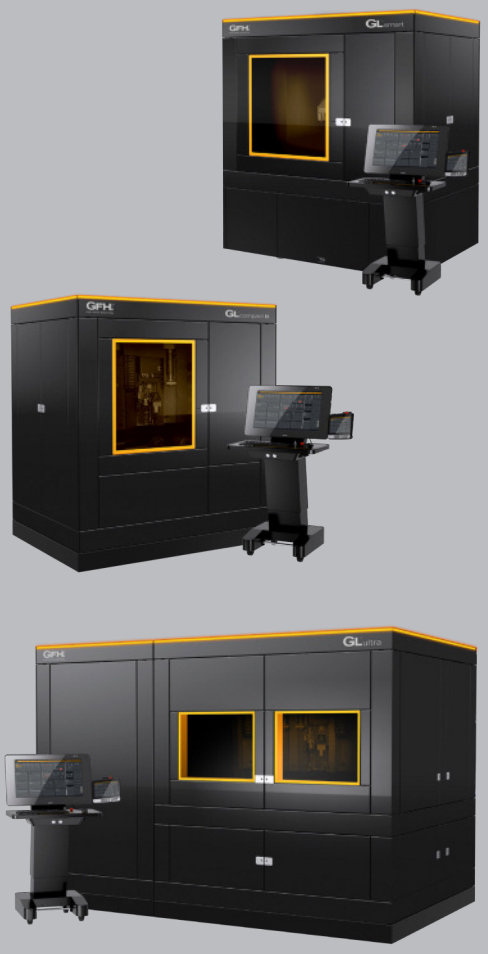
Darüber hinaus führt die Elektrifizierung der Automobilindustrie zu einer steigenden Nachfrage nach leistungsfähigen Batterien. Innerhalb kürzester Zeit müssen hier hohe Energieströme transportiert und schnelle elektrische Schaltvorgänge ermöglicht werden. Diese Anforderungen wirken sich auf den Anspruch aus, der an die Qualität der elektrischen Verbindung gestellt wird: Je komplexer der Batteriesatz, desto mehr Hitze entsteht und desto komplexer müssen die elektronischen Komponenten sein.

Lasermikrobearbeitung von Keramik

Keramik als zu bearbeitendes Material hat durchaus seine Tücken; das haben traditionelle Verfahren bereits gezeigt. Der Werkstoff ist von Natur aus sehr spröde und daher durch Sägen oder Fräsen nur schwer zu schneiden oder zu bohren, ohne dass Risse, Muschelausbrüche oder Spannungen im Substrat entstehen. Die Nachteile liegen auf der Hand: Eine Bearbeitung ist nur bei niedriger Geschwindigkeit möglich, Fräsköpfe und Sägeblätter verschleißen, die Betriebskosten sind relativ hoch. Dazu kommt, dass oft nachgearbeitet werden muss, um Qualitätsstandards zu halten. ▶

Think ultrafast. Think precise. Think ahead.

LASER MICRO MACHINING



Lasermikrobearbeitungssysteme für höchste Dynamik und Präzision

- BOHREN
- SCHNEIDEN
- ABTRAGEN
- DREHEN

Besuchen Sie uns auf der GrindTec Internationale Fachmesse für Schleiftechnik vom 10. - 13. November 2020 in Augsburg Stand 4100; Halle 4

GFH GmbH®
laser micro machining

GFH GmbH . 94469 Deggendorf . Germany
info@gfh-gmbh.de . www.gfh-gmbh.de

Bild 3. Parallele Laserbearbeitung von Keramiken

Historisch gesehen war es gerade die Anwendung des Keramikritzens, die den Laser als zuverlässiges Bearbeitungswerkzeug in der Industrie etablierte. Bis heute zählt diese Applikation als eine der kostengünstigsten und am weitesten verbreiteten überhaupt. Traditionell wird beim Laserritzen von Keramiksubstraten eine definierte Bruchlinie im Substrat erzeugt, die ein sauberes Trennen in einzelne Segmente mit hoher Qualität und Genauigkeit ermöglicht **(Bild 1)**. Das Trennen erfolgt in einem separaten Schritt maschinell oder per Hand.

Entwicklung der Laser zur Keramikbearbeitung

Lange Zeit waren für das Laserritzen hauptsächlich Kohlenstoffdioxid-(CO_2-)Laser im Einsatz. Mit einem Leistungsbereich von bis zu 250 W laufen diese Laser im Dauerstrichbetrieb bei einer Wellenlänge zwischen 9,4 und 10,6 µm. Aufgrund des hohen Wärmeeintrags sind unerwünschte Nebeneffekte wie Schmelzperlen, Materialaufwurf, Verglasung sowie Mikrorisse im Substrat häufig anzutreffen. Auch andere Verfahren mit Festkörperlasern, deren Pulsbreiten im zweistelligen Nanosekundenbereich liegen, zeigen diese Nachteile.

Durch die Bearbeitung mit Ultrakurzpuls-(UKP-) Lasern lassen sich gratfreie Ritzlinien im Substrat erzeugen und thermisch bedingte Materialspannungen durch einen sogenannten kalten Abtragprozess senken. Die kurzen Laserpulse liegen im Bereich von 10 ps bis 200 fs und erzielen eine hohe Pulsspitzenleistung. Durch die hohe Repetitionsrate, mit der der Laser gepulst wird, wird das Material vom festen direkt in den plasmaförmigen Aggregatzustand überführt. Längst haben sich UKP-Laser in der Industrie etabliert und sind in den gängigen Wellenlängen 1064 nm (IR), 532 nm (grün) und 355 nm (UV) verfügbar.

Die Bruchkanten sind so perfekt, dass weder Mikrorisse in das Substrat eingebracht werden noch spontane Brüche oder Muschelausbrüche entstehen. Das Resultat ist eine durchgehende, etwa 20 bis 70 µm tiefe Ritzlinie, die das Vereinzeln der Keramikleiterplatten mit hoher Qualität und Genauigkeit garantiert **(Bild 2)**. Die Tiefe der Schnittfuge lässt sich durch Anpassung des Laserfokus präzise steuern. Durch die höhere Bruchfestigkeit der Keramikleiterplatten wird der Produktionsdurchsatz erhöht, zudem entstehen beim UKP-Laserprozess deutlich weniger Bearbeitungsrückstände als bei der bisherigen CO_2-Methode **(Bild 3)**. Nachfolgende Reinigungsschritte werden so stark reduziert oder entfallen ganz.

Auch bei weiteren Verfahren wie dem Bohren, dem Schneiden oder der Erzeugung von Kavitäten hat sich der UKP-Laser bewährt. Allen Verfahren gemein ist, dass eine schichtweise Ablation des Materials erfolgt. Dabei wird das Substrat entweder vollständig durchtrennt oder das Material bis zu einer vorgegebenen Tiefe abgetragen. Durch den Einsatz geeigneter Laserquellen im Piko- und Nanosekundenbereich wird eine hohe Oberflächenqualität bei minimaler thermischer Belastung des Materials garantiert.

Beim Laserschneiden von Keramiksubstraten werden beliebige Geometrien mit minimalsten Radien im Substrat erzeugt. Das gilt sowohl für innen- als auch für außenliegende Konturen. Das Laserbohren hingegen ermöglicht kleinste Lochdurchmesser. Abhängig vom Lochdurchmesser werden durch Trepanier- oder Perkussionsbohren ideale Geometrien erzeugt. Durch gezielten Materialabtrag lassen sich zudem Kavitäten, sprich: Vertiefungen im Substrat erzeugen. Diese ermöglichen das Einbetten beispielsweise von Mikrochips oder Widerständen. Der Laserprozess erlaubt eine präzise Steuerung von Abtragtiefe und Geometrie der Kavität.

Lasertrimmen elektronischer Widerstände und Schaltungen

Ein besonderes Verfahren ist das Lasertrimmen, auch Laserabgleich genannt. Hierbei werden die Eigenschaften einer elektronischen Schaltung gezielt durch Laserschnitt geändert. Während seitliches Einschneiden des Widerstands den Widerstandswert erhöht, verringert der Abtrag der Deckelektrode bei Kondensatoren die Kapazität. Die am weitesten verbreiteten Verfahren zur Herstellung von Wider-

Bilder: InnoLas Solutions

© MIKROvent, Mainburg

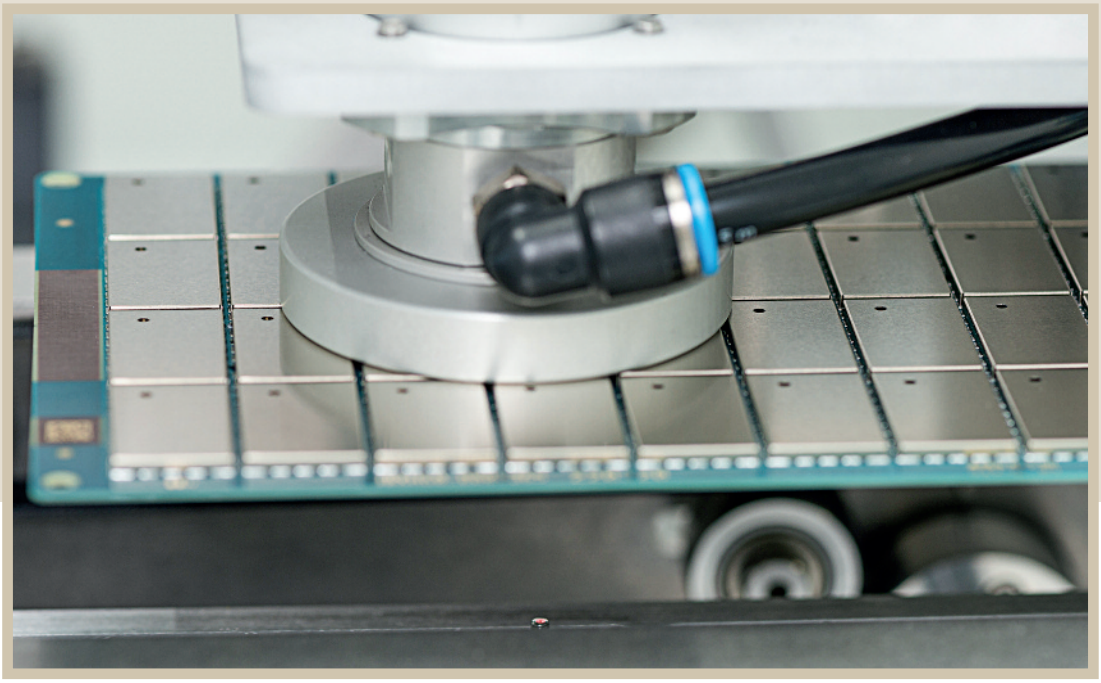


Bild 4. Aufnehmen von Leiterplatten vor dem Nutzentrennprozess

ständen sind die Dick- und die Dünnschichttechnik. Als keramisches Trägermaterial dient jeweils Aluminiumoxid.

Neben Keramiksubstraten oder Keramikleiterplatten lassen sich die Bearbeitungstechniken Schneiden, Bohren, Ritzen und Trimmen ebenfalls auf elektrische Leiterplatten anwenden. Ein spezifisches Verfahren zur Vereinzelung der Segmente – in dem Fall der Nutzen – ist das Nutzentrennen **(Bild 4)**.

Lasernutzentrennen von Leiterplatten

Das Laserschneiden zählt zu den innovativsten Verfahren, die derzeit auf dem Markt sind, um Leiterplatten aus einem Gesamtnutzen zu vereinzeln. Im Gegensatz zu den mechanischen Verfahren werden beim Nutzentrennen per Laser die Nutzen voneinander getrennt, ohne dass eine Berührung stattfindet. Vielmehr geschieht die Trennung durch die schichtweise Ablation des Materials. Da beim Trennen per Laser die Nutzen nahtlos aneinandersitzen, lassen sich durch eine sogenannte Full-Cut-Vereinzelung bis zu 30 Prozent mehr Flächennutzung erzielen. Die kontaktlose Bearbeitungstechnik ist für Unternehmen besonders lukrativ, da sie sowohl für das zu bearbeitende Material als auch für den Laser selbst schonend ist. Durch den äußerst geringen Verschleiß werden die Betriebskosten gesenkt, gleichzeitig bleibt die Qualität langfristig gewährleistet.

A look ahead

Viele Jahre lang dominierten CO_2-Laser den Markt für Schneid- und Ritzanwendungen, bevor die UKP-Laser auf der Bildfläche erschienen. Die zunehmenden Forderungen nach immer feineren und qualitativ hochwertigeren elektronischen Komponenten haben einen erheblichen Einfluss auf die Anforderungen an die gesamte Leiterplattenindustrie. Man denke beispielsweise an LEDs, Rauchmelder oder MP3-Player. In der Elektromobilität eingesetzte Sensoren oder Leistungselektronik sowie sogenanntes Smart Glass sind weitere Beispiele, die hier genannt werden können.

In den letzten Jahren wurden mehrere neue Laserverfahren entwickelt und eingesetzt, um diesen Herausforderungen Herr zu werden. Potenzial für laserbasierte Verfahren liegt im wachsenden Markt der flexiblen Elektronik. Dieser verlangt nach einer schnellen und einfachen Möglichkeit, dünne Schichten auf flexiblen Substraten zu strukturieren, und bietet daher Raum für innovative Fertigungsverfahren per Laser. ■ MI110678

AUTOR

ANDERS PENNEKENDORF ist Senior Sales Manager bei der Photonics Systems Group in Krailling;
a.pennekendorf@ps-group.net