

Wasserspiele

Wasserstrahlgeführtes Laserlicht bearbeitet empfindliche Materialien



Frank Wagner und Bernold Richerzhagen,
Lausanne /Schweiz

Laserlicht, das durch einen laminaren Wasserstrahl auf das Werkstück geleitet wird, kann mit hoher Geschwindigkeit einen kalten Schnitt erzeugen, der sich durch parallele Kanten auszeichnet. Die Schneidtechnik löst in vielen Bereichen wie der Halbleiterfertigung weniger effiziente Verfahren ab, die nach und nach an ihre Grenzen stoßen.

Die Fähigkeit eines laminaren Wasserstrahls, Licht zu leiten, wurde schon in der Renaissance zur Erzeugung von »Spezialeffekten« während der Wasserspiele genutzt. In der Literatur findet man bereits aus dem Jahr 1886 Untersuchungen von Professor Colladon, Universität Genf, zum lichtleitenden Wasserstrahl. 1996 wurde dieses Prinzip an der Eidgenössisch-Technischen Hochschule Lausanne, Schweiz, zu einer Materialbearbeitungsmethode weiterentwickelt und von seinen Erfindern »Laser MicroJet« genannt. Hierzu wird ein im Allgemeinen gepulster Laser in einen sich formenden Wasserstrahl fokussiert. Der laminare Wasserstrahl wirkt wie eine Glasfaser und leitet das Licht bis auf das Werkstück, das sich zwei bis drei Zentimeter unterhalb der Düse befindet. Somit sorgt die Totalreflektion an der Grenzfläche Wasser-Luft dafür, dass Intensitäten, wie sie normalerweise nur im Laserfokus erreicht werden, über eine sehr große Arbeitslänge zur Materialbearbeitung genutzt werden können (Bild 1).

Für empfindliche Materialien vorteilhaft

Der Wasserstrahl ergänzt das Laserschneiden in idealer Weise: Zum einen kühlt er das Werkstück zwischen den Laserpulsen direkt in der Schnittfuge. Zum anderen wird auch die durch den Laser

entstandene Schmelze effektiv aus der Schnittfuge getrieben und gleichzeitig gekühlt. Die Kühlung der Ablationsprodukte (Tröpfchen) ist wichtig, um ein Festbrennen derselben auf dem Substrat zu verhindern.

Bei vielen Anwendungen spielt auch die Parallelität der Schnittfuge eine entscheidende Rolle (siehe unten). Im Gegensatz zum konventionellen Laserschneiden kann der Laser MicroJet hochpräzise parallele Schnittfugen auch in dickeren Materialien erreichen. Diese Vorteile führen dazu, dass das wasserstrahlgeführte Laserschneiden in gewissen Anwendungen etablierte Verfahren ablöst, welche den gestiegenen Anforderungen der Industrie nicht mehr genügen.

Trennen von Wafern

Das Schneiden von Siliziumwafern ist ein unerlässlicher Prozess in der Halbleiterfertigung. Das Sägen mit Diamantscheiben hat sich in den letzten Jahren zu einem perfektioniertem High-Tech-Verfahren entwickelt. Die Grenzen des Sägens scheinen bezüglich Geschwindigkeit und Qualität nunmehr erreicht zu sein. In der Zukunft werden die Anforderungen aber weiter steigen, und die Suche nach Alternativen hat längst begonnen. Weitere, von Dicing-Experten großer Firmen genannte Probleme der Säge in den Standardanwendungen hängen vor allem mit dem Verschleiß der Sägeblätter zusammen: keine konstante Schnittqualität (chipping), hohe laufende Kosten. Mit dem Laser MicroJet wurde nun eine Alternative zur Diamantsäge gefunden

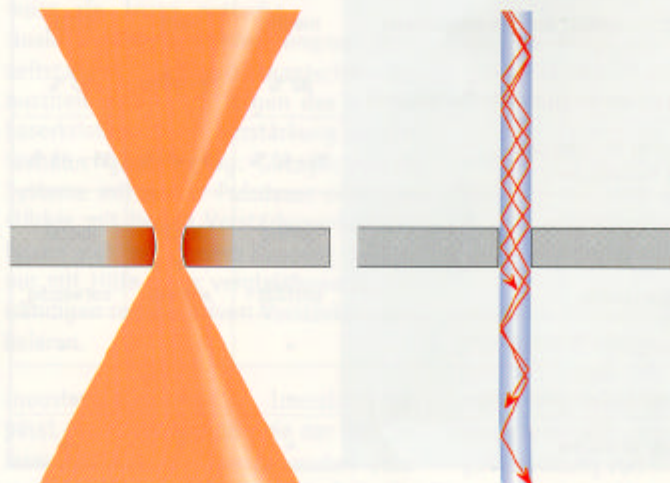
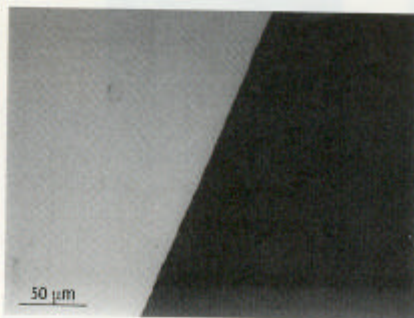
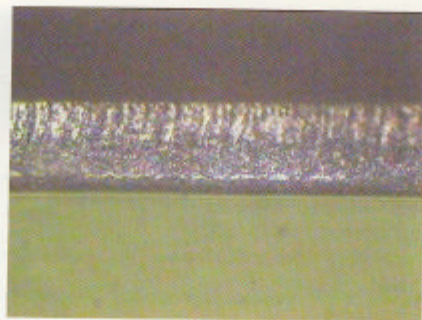


Bild 1. Links: Konventionelles Laserschneiden, das Werkstück muss präzise im Fokus platziert werden, die Wärmeleitung in das Werkstück hinein ist beträchtlich. Rechts: Laser-MicroJet-Verfahren, bei gleichem Fokusdurchmesser beträgt die Arbeitslänge mehrere Zentimeter; zwischen den Pulsen wird die Schnittfuge gekühlt.

Bild 2. Kantenqualität von mit dem Laser-MicroJet-Verfahren geschnittenen Chips. Links: Kantenansicht (Dicke 200 μm). Die durch die thermische Abtragung erhöhte Oberflächenrauigkeit verringert die Bruchfestigkeit nachweislich nicht. Rechts: Aufsicht der Rückseite (kein Chipping)



(Bild 2). Der MicroJet erfüllt schon heute die hohen Anforderungen, die an Dicinganlagen gestellt werden. Die heutigen Tendenzen in der Mikroelektronik hin zu dünneren Wafern und kleineren Chips sprechen für den wasserstrahlgeführten Laser. Zudem besitzt die Technologie noch ein enormes Entwicklungspotenzial, das hauptsächlich auf der Perfektionierung und Miniaturisierung des Wasserstrahls und der Verwendung anderer Laser beruht.

Ein Problem, das nun gelöst ist, ist die Halterung der Wafer während des Trennprozesses. Im Falle des LMJ ist, wie beim Sägen, der Wafer auf ein Tape geklebt. Das spezielle Tape wird nicht vom Laser durchgeschnitten und lässt den Wasserstrahl passieren. Das Lasertape erfüllt die gleichen Voraussetzungen wie das konventionelle Tape, so dass es ohne Umstellung in die bestehende Produktionsumgebung übernommen werden kann.

Produktion runder Silizium-Chips

Silizium wird nicht nur, wie allseits bekannt, in rechteckiger Form als Material für integrierte Schaltkreise verwendet, sondern es wird auch oft in Form runder Chips gebraucht (Bild 3). Hochspannungsdiolen sind eine typische Anwendung dieser Chips, die heute noch oft mit konventionellen Lasern ausgeschnitten werden. Die Qualität der Schnitte des konventionellen Lasers in so brüchigen Materialien wie Silizium lässt aber eini-

ges zu wünschen übrig, weshalb der Laser nicht für das Trennen von Wafern (voriger Abschnitt) benutzt wird. Vor allem die hohe Wärmeeinbringung in das Silizium erzeugt beim konventionellen Laserschneiden Risse und Strukturveränderungen im Material. Außerdem entstehen Grate und Ablagerungen von abgekühltem Abtragsmaterial auf der Waferoberfläche. Da sich die heißen Ablagerungen mit dem Substrat verschweißen und oft nicht gereinigt werden können, ist der Auftrag eines Schutzlacks vor dem Laserschneiden und dessen nachfolgende chemische Entfernung nötig. Nur wenn der entsprechende Aufwand und die entsprechende Zeit im Produktionsprozess investiert werden, können die Ablagerungen vermieden werden.

Beim Laser MicroJet verhindert die effiziente Kühlung der Schnittfuge Risse. Weiterhin erhält man saubere Oberflächen, und der Schutzlack ist nicht länger nötig. Ein weiterer wichtiger Vorteil des Laser MicroJet ist die höhere Schnittgeschwindigkeit bei sehr kleinen Schnittspalten.

Schneiden von Luftspalten in Ferritkernen

Ferritkerne werden in vielen kompakten Radiofrequenz-Bauteilen benutzt, die man zum Beispiel in Mobiltelefonen und Digital-Subscriber-Lines (schnelle Modems) findet. Die Anforderungen an die Präzision der Luftspalte in den Ferritker-

nen sind extrem hoch, was die Parallelität der Schnittkanten und die Wärmeeinflusszone betrifft. Eine zu große Wärmeeinflusszone verringert die Leistung des Radiofrequenz-Bauteils. Die Konizität des Schnittspalts erhöht das elektrische Streufeld und beeinflusst dadurch die Toleranzdaten des Bauteils.

Bisher wurden zwei Techniken für die Herstellung dieser Luftspalte benutzt: zum einen das Schneiden mit der Diamantsäge. Die Probleme des Wafertrennens treten natürlich auch in dieser Anwendung auf. Vor allem die Variationen durch den Sägeblattverschleiß und die daraus folgende hohe Toleranz der Bauteile stört, neben der langsamen Schnittgeschwindigkeit. Die zweite noch benutzte Technik besteht im Brechen und anschließenden Zusammenkleben der Ferritkerne. Auch hier lassen Produktivität und Reproduzierbarkeit des aufwändigen Fertigungsprozesses zu wünschen übrig. Beide Techniken werden in Präzision und Geschwindigkeit von der Laser MicroJet-Technik überboten (Bild 3). Das Argument Geschwindigkeit spricht für sich, da es gleichbedeutend mit Produktivität ist. Wichtiger ist aber die Präzision, da die Laser MicroJet-Technik es möglich macht, Ferritkerne mit einer elektrischen Präzision von ± 3 gegenüber ± 20 Prozent konventionell herzustellen. Damit wird letztendlich eine weitere Miniaturisierung der entsprechenden Bauteile möglich. ➤

Bild 3. Links: Mit dem Laser MicroJet geschnittener runder Silizium-Chip. Rechts: Ferritkern mit Laser-MicroJet-geschnittenem Luftspalt

