

Wasserstrahl-geführter Laser zur Materialbearbeitung mit neuen Wellenlängen

Ochelio Sibailly, John Manley, Jean-Marie Buchilly, Bernold Richerzhagen, Synova SA, Ecublens, CH

Der Wasserstrahl-geführte Laserstrahl zur Materialbearbeitung bringt zwei Technologien zusammen. In dieser einzigartigen Laser-Schneidtechnik nutzt man einen freien laminaren Wasserstrahl als Lichtleiter für Hochleistungslaserstrahlung direkt auf das Werkstück. Im Vergleich zum üblichen Laserschneiden zeichnet sich das Verfahren aus durch: (i) parallele Seitenwände, sogar bei dicken Bakelitschichten, (ii) geringer Wärmeeintrag in das Werkstück aufgrund der Wasserkühlung zwischen den Laserpulsen exakt am Ort der Einwirkung, (iii) wirkungsvolles Ausblasen von geschmolzenem Kupfer aufgrund des hohen Impulses des Wasserstrahls. Im Vergleich zum Sägen erreicht man in Kupfer gratfreie Schnitte, und die Krafteinwirkung auf das Werkstück bleibt erheblich geringer.

Bild 1 zeigt das Wasserstrahl-geführte Laser-Schneidsystem. Wir benutzen reines deionisiertes und gefiltertes Wasser bei einem Druck von 5 bis zu 50 MPa für den Strahl. Die Düsen sind aus Saphir oder Diamant gefertigt, um einen auf langer Strecke stabilen Wasserstrahl zu erhalten. Der Laserstrahl wird über eine Faser herangeführt, kollimiert, aufgeweitet und durch ein Quarzfenster in die Düse fokussiert. Diese Koppereinheit gleicht einer üblichen Faser-Einkopplung. Allerdings ist die Intensitätsverteilung in der Düse aufgrund der Modenmischung in der Faser und den Abbildungseigenschaften nicht gaußförmig, sondern zylinderhutförmig. In den Wasserstrahl eingekoppelt, wird der Laserstrahl an dessen Wand infolge des Brechungsindex-Sprungs von Wasser zu Luft reflektiert (**Bild 2**).

Das Werkstück wird auf einem CNC-gesteuerten Verfahrtschisch eingespannt und unter dem Wasserstrahl-geführten Laserstrahl in einer Richtung für den Schnitt bewegt, während der Optikkopf rechtwinklig dazu verfahren wird. Eine Verstellung in z-Richtung wird nur zur Anpassung an verschiedene Arbeitsabstände bei unterschiedlichen Düsen und Wasserdrücken vorgenommen, während des Schneidens ist keine z-Verstellung nötig.

Seit mehr als fünf Jahren wird dieses Werkzeug zur (Mikro-)Bearbeitung in verschiedenen Gebieten eingesetzt. Währenddessen bewies das System, von seinen Erfindern Laser-Microjet (LMJ) getauft, seine zahlreichen Vorteile im Vergleich zum klassischen Laserschneiden.

Normalerweise wird ein Festkörper-Nd:YAG-Laser (1064 nm, 50-200 W) zusammen mit der LMJ-Technologie eingesetzt. Der Wasserstrahl-geführte Infrarotlaser schneidet sehr effektiv Silizium, Keramik, Hartmetall, CBN (Kubisches Bornitrit), Ferrit-Kerne und dünne Metallfolien. Dieses Lasersystem arbeitet bis zu 8 mal schneller als eine abrasive Säge.

Der Laser-Microjet arbeitet deshalb besonders effizient bei spröden und schwer zu bearbeitenden Materialien wie GaAs, GaN, Kupfer.

Alle oben erwähnten Materialien sind unempfindlich gegenüber Kontakt mit DI-Wasser. Insbesondere werden ja alle Halbleiterprodukte unter Verwendung lithographischer Methoden und nasschemischem Ätzen hergestellt, und sind schon

aus diesem Grund in häufigem Kontakt mit DI-Wasser und wässrigen Lösungen. Die Verwendung von Wasser während des Schneidens ist also unbedenklich.

Da die Absorption im Grünen (532 nm) etwas höher als im Infraroten ist, wurden Versuche mit einem 200W-Laser im Grünen vorgenommen, um herauszufinden, ob unter Beibehalten der Qualität des IR-Schneidens schneller geschnitten werden könnte.

Die Ergebnisse waren sehr positiv: Mit dem 200W-Laser im Grünen wurden ohne Qualitätsverlust höhere Schneidgeschwindigkeiten erzielt (**Bild 3**), wodurch der LMJ für die Halbleiterindustrie noch interessanter wird. In der Praxis ermöglicht das Wasserstrahl-geführte Laserschneiden Ergebnisse ohne Späne, Grate, abgebrochene Ecken, sogar bei Wafern von nur 75 µm Dicke.

Bis vor kurzem wurde diese Schneidtechnik nur im Infraroten und Grünen eingesetzt, wodurch die Anwendungen auf Materialien mit ausreichender Absorption bei diesen Wellenlängen beschränkt blieb. Transparente Materialien wie Glas, Diamant, Saphir, transparente Polymere konnten nicht zufriedenstellend geschnitten werden. Deshalb lag es nahe, einen UV-Laser an die Microjet-Technologie anzupassen, um die höhere Absorption dieser Materialien im UV auszunutzen. Dazu wurde der Aufbau mit Quarz- und CaF₂-Linsen ausgestattet.

Tatsächlich bleiben nutzbare Wellenlängen auf den Bereich geringer Absorption durch Wasser, etwa <1/cm, beschränkt (**Bild 4**). Das UV fällt in dieses Fenster, doch wurden Versuche mit hohen Intensitäten bisher nicht durchgeführt.

Die Microjet-Maschinen sind modular aufgebaut, die Laserquelle wird über eine Faseroptik angeschlossen. Um eine Beschädigung der Faser zu vermeiden, wird ein Kerndurchmesser von 100 µm gewählt für einen Wasserstrahl von 50 µm Durchmesser.

Die UV-Laserstrahlung sollte neue Schneidanwendungen bei transparenten Materialien eröffnen und einen dünneren Wasserstrahl zulassen.

Bisher erschwerte nämlich der Multimode-Infrarotstrahl die Verwendung sehr enger Düsen aufgrund seines Fokusbereichs beim Einkoppeln in den Wasserstrahl.

Die neuen Möglichkeiten zum Schneiden oder Ritzen von transparenten Materialien wie Polymere, Glas, Diamant, Saphir sind vielversprechend.

Beispielsweise können für die Halbleiterindustrie Silizium-Wafer geschnitten werden, die mit Glas oder Diamant beschichtet sind, eine Materialkombination, wie sie für schnelle optoelektronische Bauteile benötigt wird. Die Ergebnisse sind auch für die Elektronikindustrie sehr interessant, weil mit Glas- oder Kevlar[®]-Fasern bestückte PCBs (printed circuit boards) zuvor mit dem Standard-Microjet schwer zu schneiden waren.

Kontakt zum Autor:

Ochelio Sibailly

Communication Manager
 Synova SA
 Ch. de la Dent d'Oche 1a
 CH-1024 Ecublens
 Switzerland
 Tel. +41/21/69435-00
 Fax +41/21/69435-01
 eMail: sibailly@synova.ch
 Internet: www.synova.ch

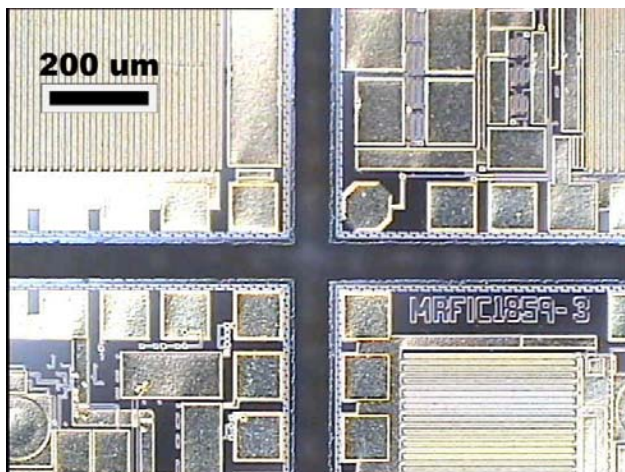
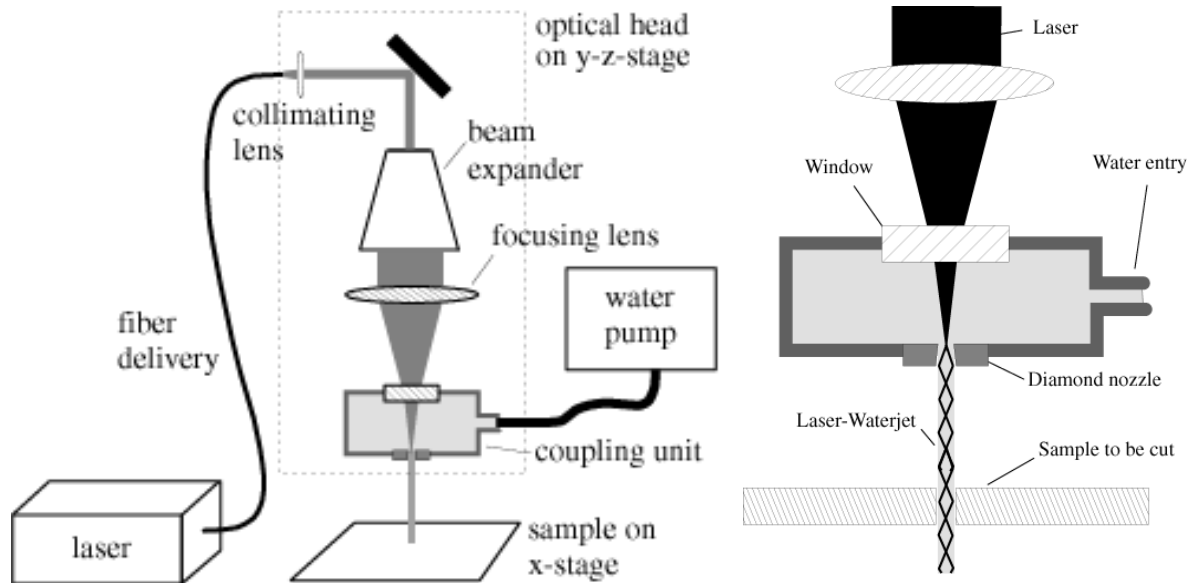


Bild 3: 75 μm dicker GaAs-Wafer geschnitten mit 200W Laserstrahlung im Grünen und Düse mit 60 μm Durchmesser

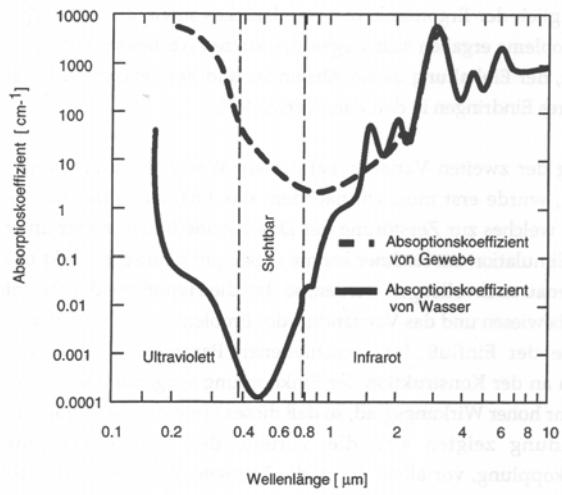


Bild 4: Absorptionskoeffizient von Wasser