

LASER DICING TECHNOLOGY FOR THIN SEMICONDUCTOR WAFERS

PLANAR PRECISION DRIVE FOR 12 INCH WAFER DICING



„As a result of competent and creative collaboration, at the end of 2009, the company ALSI was able to take the first prototype of its new 12 inch laser dicing platform into operation. The achieved extreme precision, reproducibility and productivity of the laser dicing technology are at the forefront of international excellence. This is significantly boosted by the planar drive system developed by the IMMS. The close cooperation with the IMMS leads to innovative developments, which is a basis that we can count on to expand our position as a leading technology provider.“

**Peter Chall, Director and CEO, A.L.S.I.
Advanced Laser Separation International**

The classical mechanical sawing of semiconductor wafers to separate chips is increasingly being displaced by procedures, which bring about a separation by means of a focused laser beam. Here on the other hand, there is a competition among processes, which bring about a separation by means of material removal in the form of several successive spots (Multi Beam Laser Ablation) or in the form of a water jet guided laser beam. In addition, systems are available on the market, which bring about a separation by inducing a mechanical stress path and microstructural changes within the wafer and subsequent expansion (stealth dicing). Besides, systems are also available on the market that work with thermally induced stress on the upper stratum of the wafer by means of laser heating with an immediate subsequent cooling (Thermal Laser Separation).

The individual processes offer different advantages and disadvantages. The one thing that all however have in common is that the envisaged gap between the chips with respect to the separation can be significantly reduced vis-à-vis the classic sawing. Typical separation columns are smaller than 20 μm . This is particularly of great importance for small chips, such as LEDs, transistors, diodes, etc. Whereas a

saw can only cut in one direction, the laser process allows a separation in both directions of movement. Besides, the possible processing speed – especially for brittle and thin wafers – of up to 500 mm/s is significantly higher than the conventionally attainable values. Due to the significant benefits that the aforementioned processes have in common, Laser Dicing is regarded as the technology of the future.

The potentially high processing speed by the laser separation can only be effectively used when the wafer is moved under the beam with higher precision and dynamics. Together with the company ALSI N.V. and the Institute Centre for Concepts in Mechatronics B.V. (CCM) a laser dicing system was developed at the IMMS, which enables the mounting of the process for thin wafers on a die attach film. The IMMS was within the framework of the project in particular responsible for the planar drive system of the wafer table and its control.

PLANAR DRIVE SYSTEM

The precision drive system consists of a two-dimensional planar magnetic direct drive. The motor glides on air bearings over a high-level steel/granite

sandwich, whereby friction independence and high durability is achieved. A special cooling system of the drive coils ensures precise temperature control of the assembly groups and maintenance of flatness. Also through an additional integrated magnetically acting twist lock, a completely contact less and frictionless guidance of the wafer table is as such ensured.

The drive permits an acceleration of up to 10 m/s^2 , a driving speed of 500 mm/s over a driving range of $380 \times 380 \text{ mm}^2$. Thereby even by maximum speed a regulated path deviation of less than $1 \mu\text{m}$ is achieved that makes very narrow „cutting lines“ between the individual dies possible.



Figure 1: Test structure of the planar system with Active Mount System

ACTIVE MOUNT SYSTEM

The high acceleration of the wafer table that is needed for the fast cutting process, leads in precision machinery to unacceptable distortion and vibration of the machine frame and the metrology frame and has as such, an adverse influence on the achievable machine accuracy. This effect is counteracted in the developed machine by an „Active Mount System“. Linear actuators generate to the wafer-table movements, timely synchronized opposing forces in the machine frame, in order to minimize the inherent vibration. Besides, these actuators are used for the elimination of the effect of vibrations from external interference sources on the system.

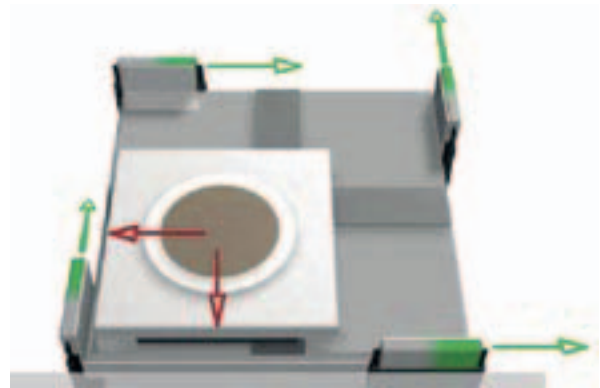


Figure 2: Mode of action of the Active Mount System

OPTICAL 3D MEASUREMENT SYSTEM

An optical incremental grid plate that is metrological stable is directly coupled to the wafers that are to be processed from underneath them and serves as a scale to measure the rotor position in the coordinates x , y and r_z . The area of this scale is scanned by a 3D measuring head with EtherCAT® encoder interface. The extrapolated sensor signal positions are made available via the serial interface for a variety of control processes in the EtherCAT® network

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR THE ECONOMY

The technology of the presented wafer dicing system enables, when compared to conventional mechanical sawing, a productivity improvement of up to 500 percent. This is depending on the technological application area and is achievable not least because of the integrated planar drive technology. This also allows for savings from wafer surfaces through much narrower cutting paths. Moreover, it is for specific technology areas such as the processing of RF chips due to the brittleness of the wafer material used or by the very small thickness of the wafer by the currently available technology for the separation of the dies.

Dr.-Ing. Christoph Schäffel, Head of Mechatronics,
christoph.schaeffel@imms.de

LASER-DICING-TECHNOLOGIE FÜR DÜNNE HALBLEITER-WAFER

PLANARER PRÄZISIONSANTRIEB FÜR 12" WAFER-DICING



„Im Ergebnis der kompetenten und kreativen Zusammenarbeit konnte die Firma ALSI Ende 2009 den ersten Prototypen ihrer neuen 12" Laser-Dicing-Plattform in Betrieb nehmen. Die erreichte extreme Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Produktivität des Laserschneidprozesses bewegen sich im internationalen Spitzenfeld. Dazu trägt maßgeblich das vom IMMS entwickelte planare Antriebssystem bei. Die enge Kooperation mit dem IMMS führt zu innovativen Entwicklungen, auf Basis derer wir unsere Position als führender Technologieanbieter ausbauen können.“

**Peter Chall, Director and CEO, A.L.S.I.
Advanced Laser Separation International**

Das klassische mechanische Sägen von Halbleiter-Wafern zum Vereinzeln der Chips wird mehr und mehr durch Verfahren verdrängt, welche eine Separierung mittels eines fokussierten Laserstrahls nutzen. Hierbei wiederum konkurrieren Verfahren, die eine Trennung mittels Materialabtrag durch einen in mehrere aufeinander folgende Spots (Multi Beam Laser Ablation) oder durch einen im Wasserstrahl geführten Laserstrahl (Water Jet) bewirken. Darüber hinaus sind Systeme am Markt verfügbar, welche eine Trennung durch Induzierung eines mechanischen Stresspfades und Gefügeveränderung innerhalb des Wafers und anschließendes expandieren (Stealth Dicing) nutzen. Auch werden Systeme eingesetzt, die mit thermisch induziertem Stress an der Oberschicht des Wafers mittels Lasererwärmung und mit unmittelbar folgender Kühlung (Thermal Laser Separation) arbeiten.

Die einzelnen Verfahren bieten verschiedene Vor- und Nachteile. Allen ist jedoch gemeinsam, dass der für die Trennung zwischen den Chips vorzusehende Spalt gegenüber dem klassischen Sägen deutlich reduziert werden kann. Typische Scheidspalten sind kleiner als 20 μm . Dies ist insbesondere für kleine Chips wie LEDs, Transistoren, Dioden etc. von großer Bedeutung. Während eine Säge immer nur in eine Richtung

schneiden kann, gestatten die Laserverfahren eine Trennung in beiden Bewegungsrichtungen. Zudem liegt die mögliche Bearbeitungsgeschwindigkeit – insbesondere für spröde und dünne Wafer – mit bis zu 500 mm/s deutlich über den konventionell erreichbaren Werten. Durch die erheblichen Vorteile, die die genannten Verfahren vereinen, wird Laser-Dicing als die Technologie der Zukunft betrachtet.

Die durch das Lasertrennen mögliche hohe Prozessgeschwindigkeit kann nur wirksam genutzt werden, wenn der Wafer unter dem Strahl mit hoher Präzision und Dynamik bewegt wird. Gemeinsam mit der Firma ALSI N.V. und dem Institut Centre for Concepts in Mechatronics B.V. (CCM) wurde mit Hilfe des IMMS ein Laser-Dicing-System entwickelt, welches die Prozessierung dünner Wafer, fixiert auf einem Die Attach Film, ermöglicht. Das IMMS war im Rahmen des Projektes insbesondere für das planare Antriebssystem des Wafer-Tisches und dessen Steuerung verantwortlich.

PLANARES ANTRIEBSSYSTEM

Das Präzisionsantriebssystem besteht aus einem zweidimensionalen planaren magnetischen Direktantrieb. Der Motor gleitet auf Luftlagern über einem hoch

ebenen Stahl/Granit-Sandwich, wodurch Reibungsfreiheit und hohe Lebensdauer erreicht werden. Ein spezielles Kühlsystem der Antriebsspulen sorgt für eine präzise Temperierung der Baugruppen und Wahrung der Ebenheit. Durch eine zusätzlich integrierte magnetisch wirkende Verdreh Sperre erfolgt eine vollkommen kontaktlose und reibungsfreie Führung des Wafer-Tisches. Der Antrieb gestattet bei einer Beschleunigung von bis zu 10 m/s^2 eine Fahrgeschwindigkeit von 500 mm/s über einen Fahrbereich von $380 \times 380 \text{ mm}^2$. Dabei wird auch bei Maximalgeschwindigkeit eine geregelte Bahnabweichung von weniger als $1 \mu\text{m}$ erreicht, wodurch sehr enge „Schneidstraßen“ zwischen den einzelnen Dies möglich werden.



Abbildung 1: Testaufbau Planarantrieb mit Active Mount System

ACTIVE MOUNT SYSTEM

Die für einen schnellen Schneidprozess benötigten hohen Beschleunigungen des Wafer-Tisches führen in Präzisionsmaschinen zu unzulässigen Deformationen und Schwingungen des Maschinengestells und des Metrologierahmens und damit zu einer negativen Beeinflussung der erreichbaren Maschinengenauigkeit. Diesem Effekt wird in der entwickelten Maschine durch ein „Active Mount System“ entgegen gewirkt. Linearaktoren generieren zur Wafer-Tischbewegung zeitlich synchronisierte Gegenkräfte im Maschinenrahmen, um die Eigenvibrationen zu minimieren. Darüber hinaus dienen diese Aktoren zur Auslöschung von Vibrationen, die aus externen Störquellen auf das System einwirken.

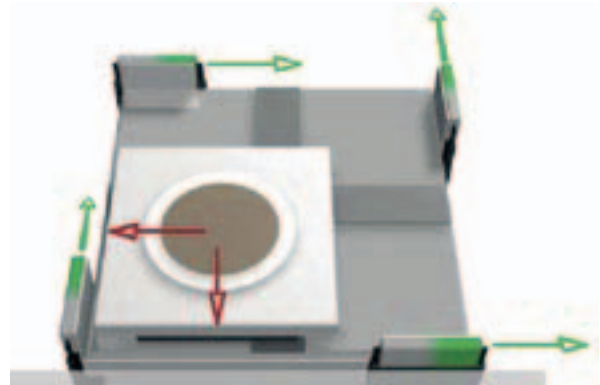


Abbildung 2: Wirkungsweise des Active Mount Systems

OPTISCHES 3D-MESSSYSTEM

Eine optisch inkrementale Rasterplatte, welche metrologisch stabil, unmittelbar unter den zu bearbeitendem Wafer angekoppelt ist, dient als Maßstab zur Erfassung der Läuferposition in den Koordinaten x , y und r_z . Der Flächenmaßstab wird dabei von einem 3D Messkopf mit EtherCAT® Encoder Interface abgetastet. Die hochinterpolierten Positionssensorsignale werden über das serielle Interface für die unterschiedlichsten Steuerungsprozesse im EtherCAT® Netzwerk zur Verfügung gestellt.

INNOVATIVE ERGEBNISSE FÜR DIE WIRTSCHAFT

Die Technologie des vorgestellten Wafer Dicing Systems ermöglicht in Abhängigkeit vom technologischen Einsatzgebiet im Vergleich zum konventionellen mechanischen Sägen nicht zuletzt durch die integrierte planare Antriebstechnik eine Produktivitätssteigerung um bis zu 500 Prozent – verbunden mit der Möglichkeit der Einsparung von Wafer-Fläche durch wesentlich engere Schneidpfade. Darüber hinaus ist sie für bestimmte Technologiegebiete, wie z.B. die Prozessierung von HF-Chips, auf Grund der Sprödigkeit des eingesetzten Wafer-Materials oder der sehr geringen Dicke der Wafer, das derzeit einzige technologisch verfügbare Verfahren zur Vereinzelung der Dies.

Dr.-Ing. Christoph Schäffel, Themenbereichsleiter Mechatronik, christoph.schaeffel@imms.de