

Leseprobe

Lehrbuch Mikrotechnologie

für Ausbildung, Studium und Weiterbildung

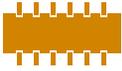
Herausgegeben von Sabine Globisch

ISBN: 978-3-446-42560-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42560-6>

sowie im Buchhandel.



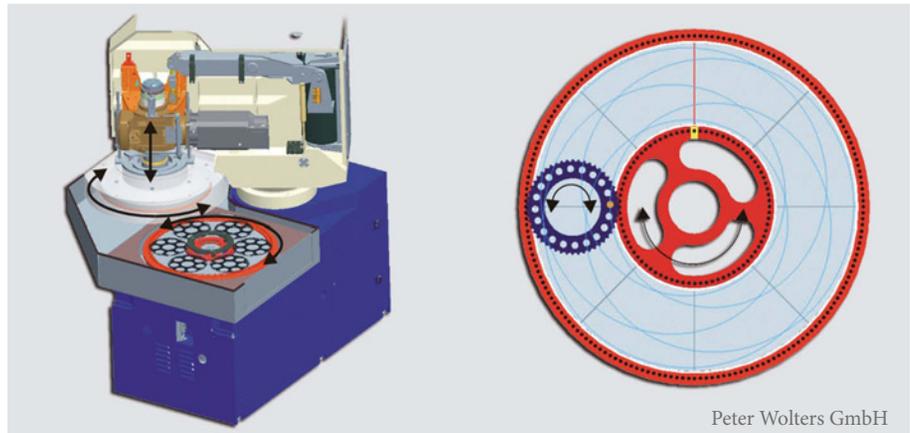
Die Rückseitenmetallisierung wird vor oder nach der Waferprozessierung durchgeführt. Das hängt von der jeweiligen Technologie für das entsprechende Bauteil ab. Rückseitenmetallisierungen werden immer dann benötigt, wenn man eine zuverlässig leitende Chiprückseite wie z. B. zum Schalten eines Leistungsmosfets (Funktion siehe Abschnitt 15.4) benötigt.

14.1.2 Verringerung der Scheibendicke

Die Verringerung der Waferdicke zum Erreichen der Enddicke erfolgt durch mechanischen oder chemischen Abtrag auf der Waferrückseite.

Der mechanische Abtrag wird durch Schleifen und Läppen erzielt. Um einen schnellen Abtrag des Wafers zu erreichen, werden Schleifmaschinen mit rotierenden, diamantbesetzten Schleifscheiben eingesetzt. Dies hat gleichzeitig aber auch einen groben Abtrag zur Folge und kann bei späteren Verfahrensschritten mit Nachteilen verbunden sein. Anschließend wird der Wafer durch ein Läppverfahren fein geschliffen. Je nach Oberfläche des Wafers werden dabei unterschiedliche Läppscheiben und passende Läppmittel (z. B. Siliciumcarbidpulver vermischt mit Wachs) eingesetzt. Um dabei die Wafervorderseite vor Schmutz zu schützen, wird diese mit einer Folie geschützt.

Alternativ zum mechanischen Abtrag werden auch chemische Verfahren, wie Nassätzen, eingesetzt. Dabei wird das Material durch verdünnte Fluss- oder Salpetersäuren abgetragen. Auch hier wird die strukturierte Wafervorderseite mit Lack oder Wachs geschützt. Dieser Ätzschritt wird häufig auch nach Läpp- oder Schleifprozessen eingesetzt, um Kristallstörungen zu entfernen.



Peter Wolters GmbH

Abbildung 14.3
Prinzipdarstellung Läppen

14.1.3 Trennen

Wie bereits in den vorigen Kapiteln beschrieben, werden Chips nicht einzeln hergestellt, sondern auf einem Wafer prozessiert (Batch-Prozess). Dadurch können die Produktionskosten wesentlich reduziert werden. Damit die einzelnen Chips weiterverarbeitet werden können, müssen sie aus dem Wafervorbund gelöst werden. Dieser Prozessschritt ist ein sehr kritischer Schritt, da hier durch die mechanische Bearbeitung des Wafers feine Strukturen und Membranen zerstört oder verunreinigt werden können.

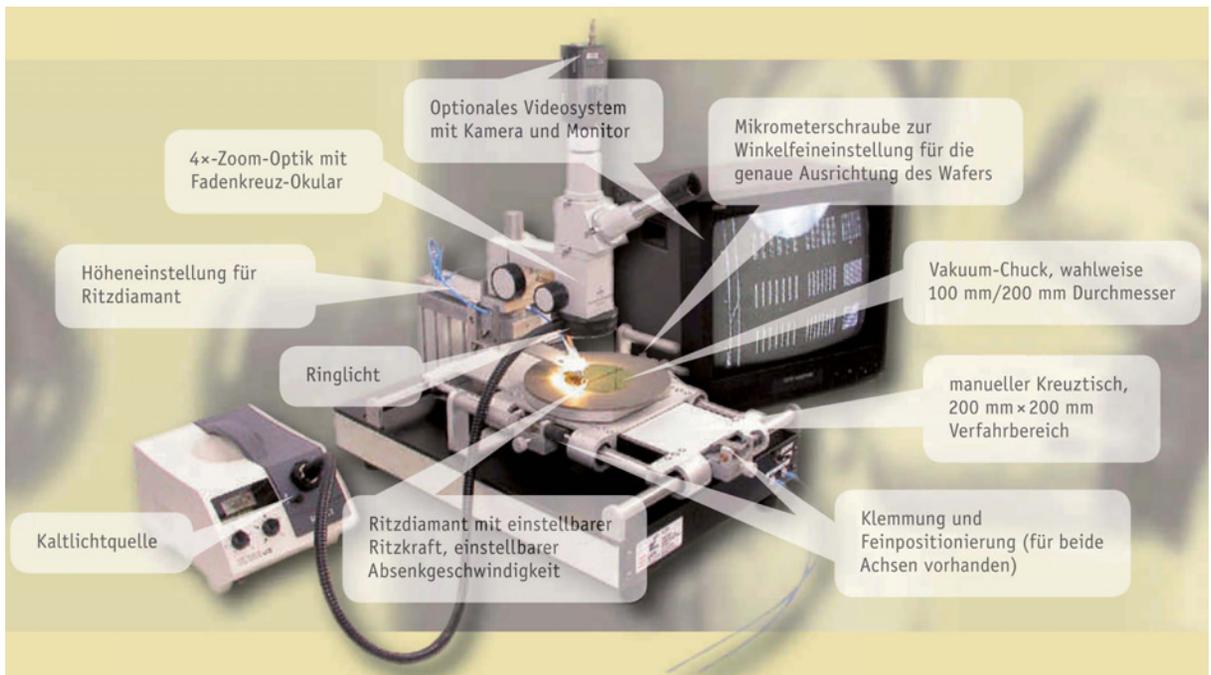


Abbildung 14.4 Präzisions-Diamant-Ritzgerät MR200 zum manuellen Ritzen für das definierte Trennen strukturierter Si-Wafer

Zum Trennen des Wafers werden die folgenden Verfahren benutzt:

- Ritzen und Brechen
- Trennschleifen (Sägen)
- Lasertrennen

Die älteste Methode ist das Anritzen und anschließende Brechen des Wafers. Hier wird mit einem Diamanten unter geringem Druck der Wafer an der Oberfläche angeätzt. Dabei wird der Kristall beschädigt und es entstehen Gitterspannungen, sodass schon geringe mechanische Belastungen zum Bruch entlang der Ritzlinie führen. Siliciumkristalle brechen bevorzugt entlang der 100-Ebenen. Atome in [100]-Oberflächen haben zwei freie Bindungen und zwei, die in den Kristall hineinragen (siehe Kapitel 2, 9 und 12).

Der Wafer wird bei diesem Verfahren auf einer selbstklebenden Folie fixiert und geritzt. Anschließend wird er über eine Kante oder eine nach außen gewölbte Fläche geführt, sodass er in einzelne Chips gebrochen werden kann. Dieses Verfahren ist durch den Waferdurchmesser und die damit gleichzeitig erhöhte Scheibendicke begrenzt. Eine solche Ritzmaschine ist in *Abbildung 14.4* dargestellt.

 Kapitel 2, 9, 12

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ■ schnelle Präparation für den Laborbereich 	<ul style="list-style-type: none"> ■ begrenzt auf die Kristallorientierung des Wafers ■ Oxiddicken (> 100 nm) zerstören die Spitze des Diamanten

Tabelle 14.1
Vor- und Nachteile des Verfahrens Ritzen und Brechen

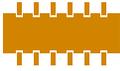


Abbildung 14.5
Wafersäge zum Trennschleifen

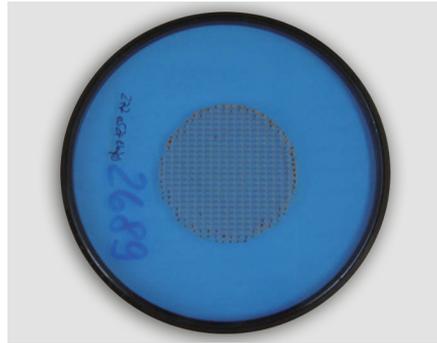


Abbildung 14.6 Wafer auf Blue Tape



Abbildung 14.7 Blick auf rotierendes Sägeblatt mit Wasserkühlung

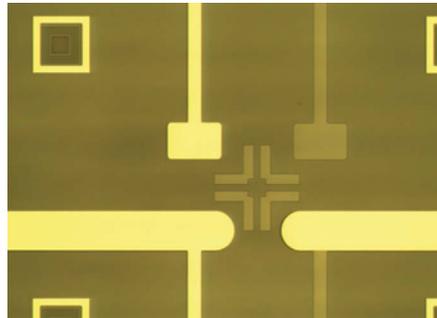


Abbildung 14.8 Ungesägter Wafer – Blick in die Markierung zum Sägen

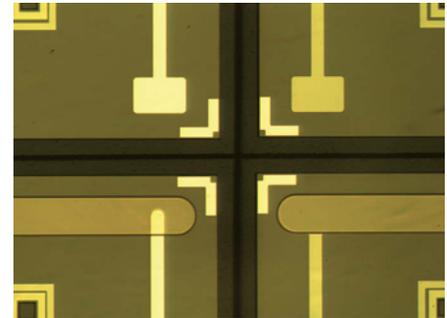
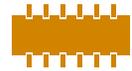


Abbildung 14.9 Gesägter Wafer – Blick in die Markierung zum Sägen

Die gängigste Form der obengenannten Verfahren zum Trennen der Wafer ist das Vereinzeln der Chips durch Trennschleifen. Dies wird umgangssprachlich auch als Sägen bezeichnet. Die Sägeblätter bestehen aus Metallfolien mit unterschiedlichen Dicken im Bereich von 20 bis 85 μm . Zusätzlich sind Sägeblätter mit Diamantpartikeln besetzt. Das Sägeblatt dreht mit einer typischen Drehzahl von 30.000 U/min entlang einer Sägestraße. Diese ist üblicherweise zwischen 50 und 100 μm breit. Für eine eindeutige Positionierung der Sägestraße verfügt jeder Wafer über Justiermarken in horizontaler und vertikaler Richtung (siehe Abbildungen 14.8 und 14.9).

Bevor ein Wafer durch Sägen vereinzelt werden kann, muss dieser auf eine spezielle Sägefolie (blue tape) gespannt werden (siehe Abbildung 14.6). Nach dem Sägen bleiben die einzelnen Chips auf dieser Folie haften und können so weiterverarbeitet werden. Nach dessen Fixierung auf der Sägefolie wird die Sägemaschine (siehe Abbildung 14.5) mit dem Wafer bestückt und anschließend anhand der Justiermarken ausgerichtet. Die Chips können nun entsprechend ihrer vorgegebenen Sägestraße vereinzelt werden.

Sägen ist ein mechanischer Vorgang, bei dem Material abgetragen wird. Während des Sägevorgangs wird deshalb mit deionisiertem bzw. Reinstwasser gespült, sodass der entstehende Siliciumstaub sofort abtransportiert wird. Als positiver Nebeneffekt wird damit gleichzeitig auch das Sägeblatt gekühlt (siehe Abbildung 14.7).



Um die Chips später weiterverarbeiten zu können, wird die Sägefolie nur angesägt (ca. 20 μm tief), sodass die Chips im Verbund bleiben. Anschließend werden die gesägten Chips auf der Folie noch gespreizt. Die Folie wird dabei noch einmal zusätzlich auseinandergezogen, sodass sich der Abstand zwischen den Chips vergrößert. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass beim anschließenden Weiterverarbeiten der Chips keine Chipkanten abplatzen oder abbrechen.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bearbeitung vieler Materialien (auch Oxid oder Nitrid) ■ Unabhängig von der Kristallorientierung ■ Trennen aller gängigen Wafergrößen möglich ■ vergleichsweise schnelles Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verschleiß der Sägeblätter, daraus ergibt sich auch eine nicht konstante Schnittqualität ■ ungeeignet für sehr kleine Chips, da die Chips während des Sägevorgangs abfallen können ■ Chipping -> Abplatzen der gesägten Kanten auf der Vorder- und Rückseite des Wafers

Tabelle 14.2

Vor- und Nachteile des Trennschleifens

Exkurs doppelseitiges Trennschleifen

Der Einsatz von doppelseitigen Sägen richtet sich nicht nach der Waferdicke, sondern der geforderten Qualität. In diesem Fall bedeutet es, dass das Frontside-(Vorderseite)-Chipping (also das Abplatzen von Silicium am gesägten Rand der Chips) so minimal wie möglich sein soll. Ein weiterer Grund können Aufbauten sein, die nur eine geringe Auflagefläche auf dem Blue Tape bieten. Der Wafer liegt also teilweise hohl auf. Dadurch kommt es zu einem verstärkten Backside-(Rückseite)-Chipping.



Ablauf beim doppelseitigen Trennschleifen

Der Wafer wird erst auf der einen Seite zu einem Drittel der Waferdicke eingesägt. Dabei ist der Wafer auf ein UV (Blue) Tape gespannt. Dieses Tape verliert nach der Belichtung seine Adhäsionskraft, sodass der eingesägte Wafer problemlos auf ein neues Blue Tape gespannt werden kann. Anschließend wird es so möglich, die andere Seite zu sägen.



Das Vereinzeln der Chips kann auch mithilfe eines Lasers erfolgen. Dieses Verfahren wird als Lasertrennen bezeichnet. Dabei erhitzt ein Laserstrahl mit ca. 1 μm Wellenlänge das Wafermaterial entlang der Sägestraße. Anschließend wird, wie beim Verfahren Ritzen und Brechen, der Wafer über eine Kante oder eine nach außen gewölbte Fläche geführt, sodass er in einzelne Chips gebrochen werden kann.

Im Vergleich zum Trennschleifen ist es bei diesem Verfahren egal, welche Härte das zu schneidende Material besitzt. Jedoch spielen die optischen Eigenschaften der Materialien eine große Rolle. Gold und Kupfer, was oft in der Siliciumtechnologie verwendet wird, reflektieren den Laser stark. Dadurch können nur geringe Dicken geschnitten werden.

Eingesetzt wird dieses Verfahren bei empfindlichen Bauelementen wie z. B. Chips mit Membranen. Hier kann schon ein winziger Wassertropfen den Chip zerstören.

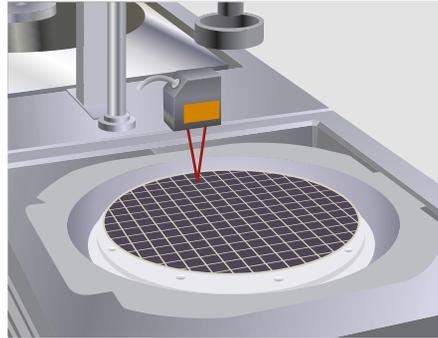
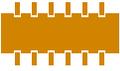


Abbildung 14.10 Schematische Darstellung Lasertrennen



Abbildung 14.11 Laserschneiden: detaillierter Blick mit wasserstrahlgeführten Laser

Tabelle 14.3
Vor- und Nachteile des
Lasertrennens gegenüber
Trennschleifen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ■ einsetzbar bei sehr kleinen Chipgrößen ■ verschiedene Formen der Chips realisierbar ■ kaum Chipping ■ konstante Schnittqualität ■ keine mechanischen Kräfte ■ geringe Verbrauchskosten ■ kein Werkzeugverschleiß ■ ideal für sehr dünne Wafer (z. B. Smart Cards) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erhitzung des Materials kann zur Schädigung des Chips führen ■ nicht alle Materialien können geschnitten werden ■ höhere Anschaffungskosten und größerer Platzbedarf der Maschine

Sägen ist ein kritischer Prozess, da durch die mechanische Bearbeitung feinste Strukturen zerstört werden können.

14.2 Chipmontage und Wafermontage

Die Chips liegen nun vereinzelt auf dem Blue Tape vor. Chips, die während des Produktionsprozesses, z. B. durch Sägefehler, beschädigt werden, können durch spezielle Diagnoseverfahren identifiziert werden. Damit die fehlerhaften Chips anschließend nicht mehr weiterverarbeitet werden, müssen sie entsprechend gekennzeichnet werden.

Die Chips, die nicht für einen weiteren Aufbau zur Verfügung stehen, werden entweder direkt auf dem Wafer mit einem Farbpunkt gekennzeichnet (*siehe Abbildung 14.12*) oder in Form einer (Land-) Karte vom Wafer (wafer map) dargestellt (*siehe Abbildung 14.13*).

Das direkte Markieren fehlerhafter Chips auf dem Wafer nennt man „inken“ (ink → dt.: Tinte). Der fehlerhafte Chip wird dabei mit einer Tinte farbig markiert. Dieses Verfahren wird benutzt, wenn Chips manuell aufgebaut werden, um den Operator optisch darüber zu informieren, diesen Chip nicht weiter zu verarbeiten.

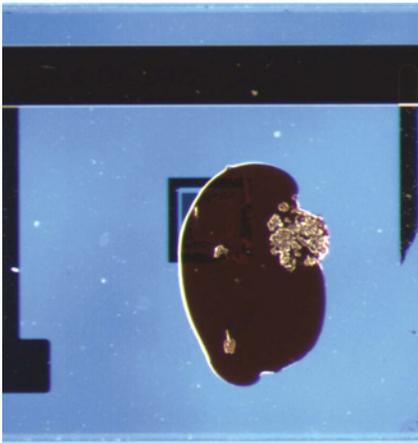


Abbildung 14.12 Ein geinkter Chip

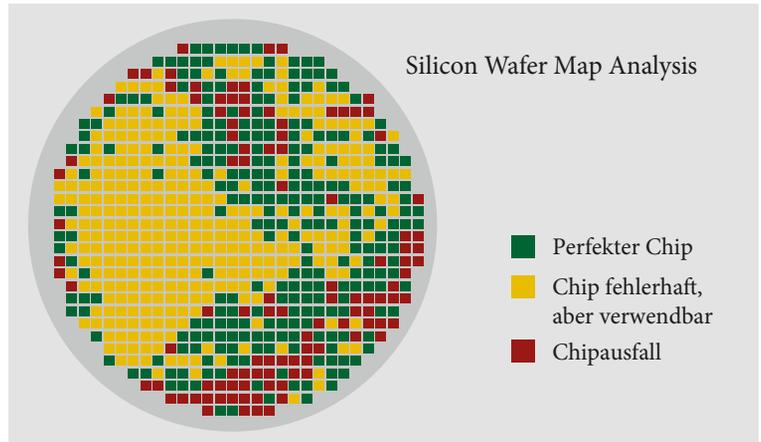


Abbildung 14.13 Darstellung einer Wafer Map

Werden Chips dagegen maschinell weiterverarbeitet, wird eine Karte vom Wafer und den fehlerhaften Chips erstellt. Dazu wird jeder Chip zunächst optisch beurteilt (rating) und bekommt anschließend eine Nummer zugeordnet. Diese entspricht einer bestimmten Farbe und charakterisiert die Güte des Chips. Anschließend kann die Karte des gesamten Wafers mit einer speziellen Software dargestellt werden.

Nachdem der Chip gesägt und gekennzeichnet wurde, kann der weitere Aufbau auf ein Substrat erfolgen. Das Substrat dient dabei als Träger zur Chipbefestigung und kann als metallischer Systemträger (z. B. lead frame), als vorgefertigter Gehäuseboden, als Schichtschaltung oder als Leiterplatte vorliegen.

Dabei werden viele Anforderungen an die Chipmontage gestellt. Die Substrate dienen zur mechanischen Kontaktierung des Chips, als elektrischer Kontakt an der Rückseite und zur Abführung der Verlustwärme an die Umgebung. Die Chipverbindung muss daher mechanisch stabil sein, einen geringen elektrischen und thermischen Widerstand aufweisen und gleichzeitig zuverlässig sein, um eine lange Lebensdauer zu garantieren.

Um den Chip mechanisch zu kontaktieren gibt es verschiedene Verfahren, die im folgenden *Abschnitt 14.2.1* dargestellt und detailliert erläutert werden. Abhängig von den technologischen Anforderungen und Randbedingungen müssen Chips nicht nur einzeln, sondern auch im Verbund als ungesägter Wafer aufgebaut werden. Im *Abschnitt 14.2.2* wird auf diese Besonderheit noch einmal gesondert eingegangen.

14.2.1 Chipbonden

Die Befestigung der Chips erfolgt durch Lötten, Anglasen oder Kleben. Dies kann automatisch oder manuell mithilfe einer Bestückungsanlage, genannt Chipbonder (die bonder), erfolgen. Dazu werden die gesägten Chips, die sich auf der Folie befinden, eingespannt. Eine Nadel drückt auf die Rückseite des Chips und von der Vorderseite wird mithilfe eines Vakuumtools der Chip aufgenommen. Anschließend kann dieser über Manipulatoren positioniert werden.