

Halbleitertechnologie von A bis Z

Messtechnik

Overlay-Messung	3
<i>Registriergenauigkeit zwischen zwei Ebenen</i>	3
<i>Messtargets</i>	3
<i>Bildbasiert und DBO</i>	4
<i>Overlay-Budget und Fehlerquellen</i>	4

Overlay-Messung

Registriergenauigkeit zwischen zwei Ebenen

Overlay bezeichnet die Registriergenauigkeit zwischen einer neu belichteten Lithografie-Ebene und der darunterliegenden, bereits strukturierten Ebene. Trifft eine Kontaktloch-Ebene nicht exakt auf die darunterliegende Metallisierung, entsteht ein hochohmiger oder ganz fehlender Kontakt – bei fortgeschrittenen Knoten mit Überlagerungstoleranzen im einstelligen Nanometerbereich reicht dafür schon eine geringfügige Verschiebung.

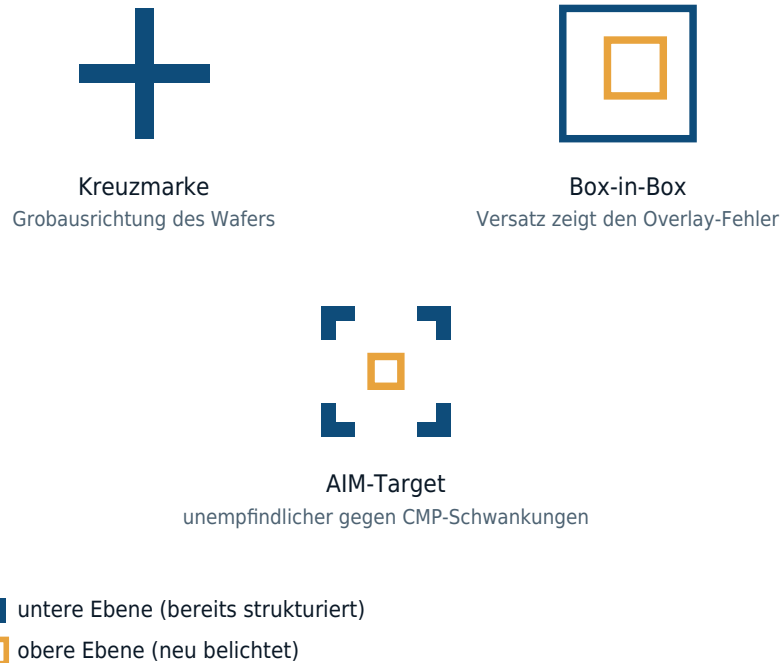
Anders als die Strukturgröße selbst betrifft Overlay nicht nur eine einzelne Ebene, sondern jedes Ebenenpaar, das zueinander ausgerichtet werden muss – bei einem modernen Logik-Prozess mit mehreren Dutzend Lithografie-Schritten sind das entsprechend viele einzelne Overlay-Budgets, die alle gleichzeitig eingehalten werden müssen. Ein Fehler auf nur einer dieser Ebenenpaarungen kann bereits den gesamten Die unbrauchbar machen, weshalb Overlay neben der reinen Strukturgröße zu den ausbeutebestimmendsten Messgrößen der gesamten Fertigung zählt.

Messtargets

Gemessen wird an eigens dafür belichteten Zielstrukturen, meist am Rand der Scribe Line außerhalb des eigentlichen Dies. Klassisch sind Box-in-Box-Targets: ein Quadrat auf der unteren, ein zweites, kleineres auf der oberen Ebene, deren Versatz zueinander vermessen wird. Modernere AIM-Targets (Advanced Imaging Metrology) ersetzen die einfachen Kästen durch segmentierte Strukturen, die deutlich unempfindlicher gegen Prozessschwankungen wie ungleichmäßiges CMP-Polieren sind.

Wie viele Targets pro Wafer belichtet werden, ist ein Kompromiss zwischen Messaufwand und räumlicher Auflösung: Wenige, großzügig verteilte Targets liefern schnell ein grobes Bild, verpassen aber lokale Abweichungen innerhalb eines einzelnen Belichtungsfeldes. Deshalb wandert der Trend zunehmend zu In-Die-Targets, die direkt zwischen den Schaltungsstrukturen sitzen statt nur am Scribe-Line-Rand – sie liefern ein feineres Abbild der tatsächlichen Verzerrung, kosten aber wertvolle Chipfläche und müssen entsprechend klein und unauffällig gestaltet sein.

Justiermarken im Vergleich



Bildbasiert und DBO

Bei der bildbasierten Messung wird die Zielstruktur direkt optisch erfasst und der Versatz aus dem Kamerabild berechnet. Bei sehr kleinen Strukturen setzt sich zunehmend DBO (Diffraction Based Overlay) durch: Statt eines Bildes wird die Beugungssignatur eines Gitter-in-Gitter-Targets ausgewertet, was empfindlicher ist und weniger durch optische Auflösungsgrenzen limitiert wird.

Der Grund dafür liegt im Messprinzip selbst: Eine Bildmessung bestimmt den Versatz letztlich aus der Lage einzelner Kanten, deren Erkennung mit sinkender Strukturgröße zunehmend verrauscht wird. DBO mittelt dagegen über das Streulicht vieler Gitterlinien gleichzeitig, wodurch sich zufälliges Rauschen herausmittelt und noch Verschiebungen im Subnanometerbereich zuverlässig erfasst werden – allerdings auf Kosten der Messgeschwindigkeit, da für jede Messrichtung ein eigenes Gitterpaar benötigt wird.

Overlay-Budget und Fehlerquellen

Der zulässige Gesamtfehler – das Overlay-Budget – setzt sich aus mehreren Quellen zusammen: der Eigenverzeichnung des Scanners, wafer-internem

Verzug durch thermischen Stress vorheriger Prozessschritte und systematischem Versatz zwischen verschiedenen Belichtungswerkzeugen. Overlay wird meist zusammen mit CD (Critical Dimension) als zweite zentrale Kenngröße der Lithografie-Kontrolle geführt – während CD die Strukturgröße selbst prüft, prüft Overlay ihre Lage zueinander.

Zur Analyse wird der gemessene Versatz üblicherweise in einzelne Fehleranteile zerlegt: eine gleichmäßige Verschiebung des gesamten Wafers, eine Verdrehung um seinen Mittelpunkt und eine Verzerrung der Skalierung. Diese Zerlegung – das sogenannte Overlay-Fingerprint – zeigt, welcher Anteil der Anlage und welcher dem Wafer selbst zuzuordnen ist, und fließt direkt in automatisierte Regelkreise (Advanced Process Control) ein, die die Belichtungsparameter nachfolgender Wafer entsprechend korrigieren, bevor überhaupt ausgewertet wird, ob die Ausbeute gelitten hat.