

# 1 Lithografie

## 1.1 Belichtungsverfahren

### 1.1.1 Übersicht

Die Fototechnik kann, je nach Art der Bestrahlung in mehrere Verfahren Unterteilt werden: optische Lithografie (Fotolithografie), Elektronenstrahlithografie, Röntgenstrahlithografie und zukünftig Ionenstrahlithografie.

Bei der optischen Lithografie werden strukturierte Masken oder Reticle verwendet. Die Belichtung mit UV-Licht oder Gaslasern erfolgt entweder im Maßstab 1:1 oder reduzierend, beispielsweise 4:1 oder 10:1.

### 1.1.2 Kontaktbelichtung

Das Kontaktbelichtungsverfahren ist das älteste angewandte Verfahren. Dabei wird die Maske direkt auf die Lackschicht gepresst, die Strukturen im Maßstab 1:1 übertragen. Auflösungsbegrenzende Streu- bzw. Beugungseffekte des Lichts treten nur an den Strukturkanten auf. Die erzielten Strukturweiten sind bei diesem Verfahren jedoch gering. Da alle Chips auf einmal belichtet werden ist der Scheibendurchsatz bei dieser Technik sehr hoch, der Aufbau der Belichtungsanlagen ist relativ einfach.

Die Nachteile liegen jedoch auf der Hand: durch die angepresste Maske auf den Lack verschmutzt diese schnell, oder kann, wie auch der Lack, dabei verkratzt werden. Befinden sich Partikel zwischen Scheibe und Maske wird die Abbildung durch den Abstand von Maske und Wafer verschlechtert.

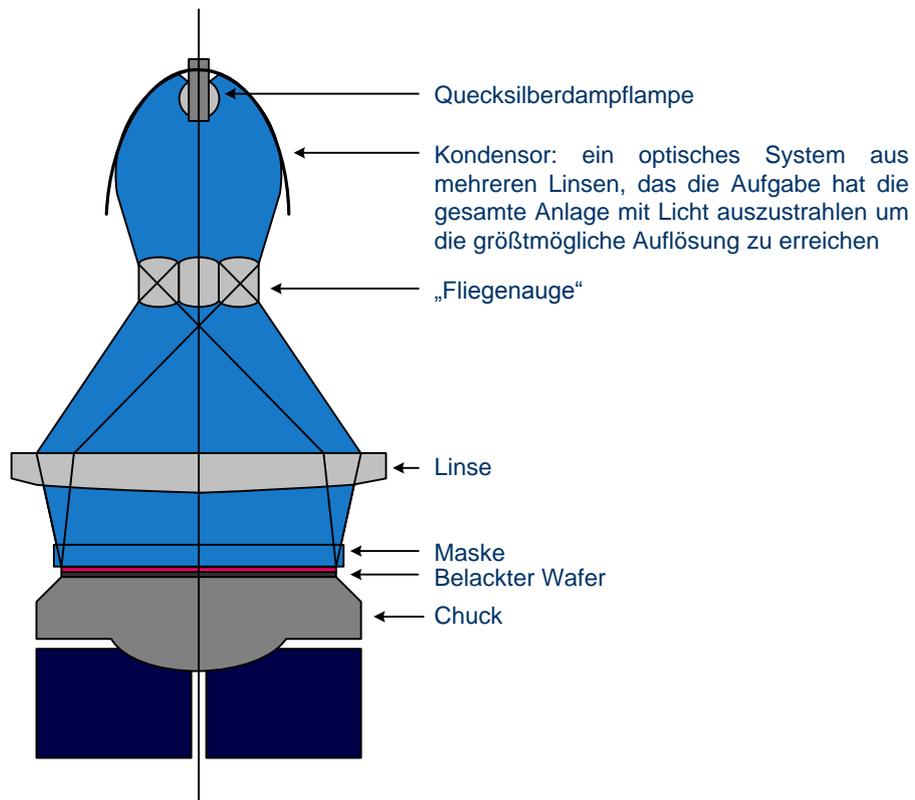


Abb. 1.1: Kontaktbelichtung

### 1.1.3 Abstandsbelichtung

Bei der Abstands- oder Proximitybelichtung wird der Kontakt von Maske und Scheibe durch einen Abstandshalter (ca. 20  $\mu\text{m}$ ) vermieden. Dabei wird jedoch nur ein Schattenbild der Maske auf dem Wafer abgebildet, welches eine deutlich schlechtere Auflösung der Strukturen bietet.

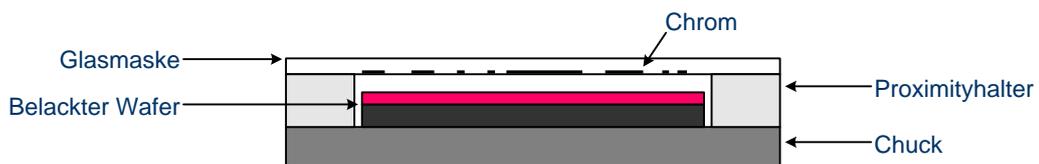


Abb. 1.2: Abstandsbelichtung

### 1.1.4 Reduzierende Projektionsbelichtung

Bei diesem Verfahren ist die Step-and-Repeat-Technik gebräuchlich. Dabei wird ein einzelner Chip - bei geringer Größe auch mehrere - über ein Reticle auf dem Wafer abgebildet. So wird die gesamte Fläche der Scheibe Chip für Chip belichtet.

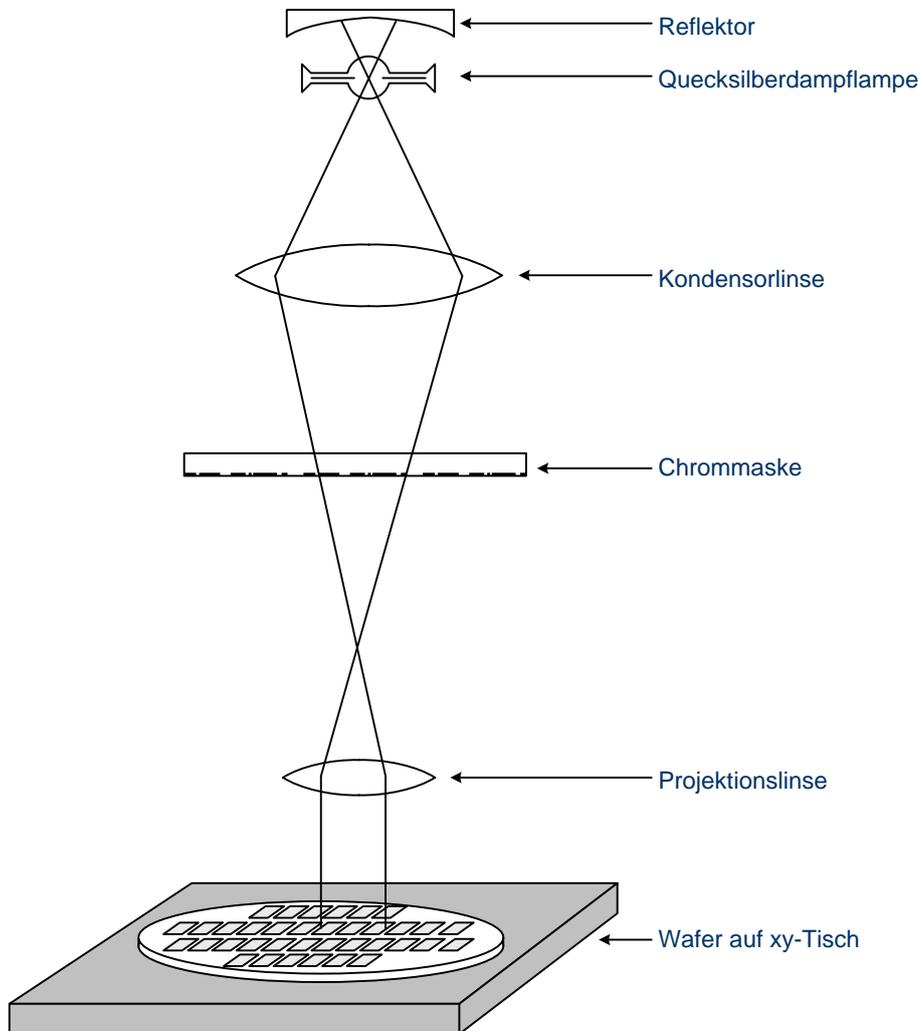


Abb. 1.3: Step-and-Repeat-Belichtung

Der Vorteil bei diesem Verfahren ist, dass die auf dem Reticle abgebildeten Strukturen um den Faktor 4 oder 10 vergrößert vorliegen. Bei der verkleinerten Abbildung auf den Wafer werden neben den Strukturen auch alle Fehler, wie Partikel, verkleinert dargestellt oder fallen sogar unter die Auflösungsgrenze; die Auflösung selbst wird bei diesem Verfahren verbessert. Da für eine Ebene nicht die komplette Maske genutzt

wird, können mehrere Ebenen auf einer Glasplatte aufgebracht werden, so dass die Maskenkosten gesenkt werden.

Zusätzlich kann ein Pellicle, eine dünne Folie mit Alurahmen, auf die Maske geklebt werden, wodurch Partikel von der Maske ferngehalten werden. Diese befinden sich nun außerhalb des Schärfbereichs und werden nicht abgebildet.

Daneben gibt es noch die Spiegelprojektionsbelichtung (1:1), bei der der Wafer über ein komplexes System aus Spiegeln belichtet wird. Durch die Verwendung von Spiegeln entstehen keine Farbfehler, wie sie bei Linsensystem auftreten, dazu können Ausdehnungen der Scheibe durch Temperatureinfluss in Prozessen ausgeglichen werden. Jedoch werden über Spiegelsysteme Bilder verzerrt/gekrümmt dargestellt. Durch die 1:1-Abbildung ist die Auflösung außerdem stark begrenzt.

### **1.1.5 Elektronenstrahlithografie**

Wie bei der Maskenherstellung wird ein fokussierter Elektronenstrahl über den belackten Wafer gescannt. Dabei kann das Scannen zeilenweise im Raster-Scan-Verfahren oder im Vektorscanverfahren durchgeführt werden. Jedoch muss auch hier jede Struktur einzeln geschrieben werden, was sehr zeitintensiv ist. Der Vorteil ist, dass keine Masken benötigt werden, was Kosten spart. Die gesamte Apparatur befindet sich dabei im Hochvakuum.

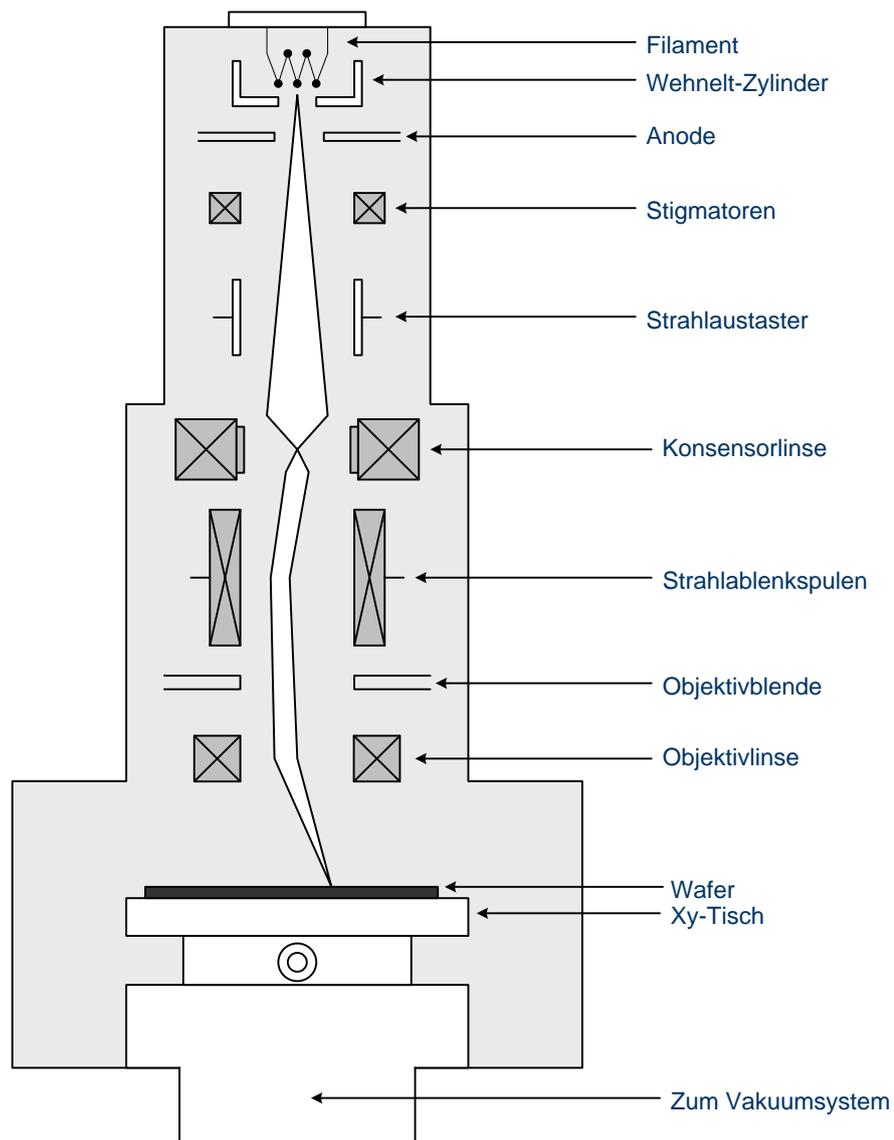


Abb. 1.4: Elektronenstrahl-Lithografie

### 1.1.6 Röntgenstrahl-Lithografie

Die Auflösungsgrenze der Röntgenstrahl-Lithografie liegt bei etwa 40 nm. Die Abbildung erfolgt im 1:1 Step-and-Repeat-Verfahren durch Schattenwurf, und wird unter Atmosphärendruck in Luft oder bei leichtem Unterdruck in Heliumatmosphäre (ca. 10.000 Pa) durchgeführt. Die Röntgenquelle kann dabei eine Plasmaquelle oder Synchrotronstrahlung sein.

Anstelle der chrombeschichteten Glasmasken werden dünne, mechanisch stabile Folien aus Beryllium, teils auch aus Silicium verwendet. Um die Röntgenstrahlung zu absorbieren werden die Folien mit schweren Elementen wie Gold beschichtet. Die Anlagen sowie die Masken sind sehr teuer.

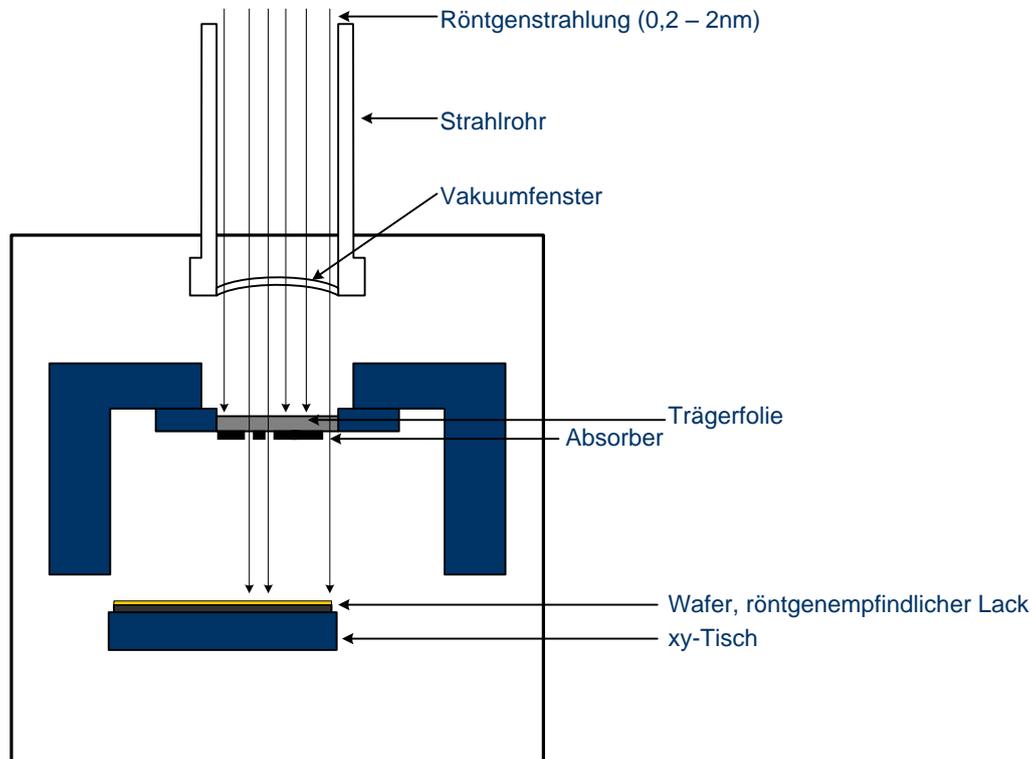


Abb. 1.5: Röntgenstrahlithografie

### 1.1.7 Weitere Verfahren

Eine weitere Möglichkeit der Lithografie ist die Bestrahlung der Wafer mit Ionen. Mit den Ionen kann der Wafer sowohl über eine Maske strukturiert, als auch direkt wie bei der Elektronenstrahlmethode beschrieben werden. Im Falle von Wasserstoffionen beträgt die Wellenlänge 0,0001 nm. Mit anderen Elementen ist auch eine direkte Dotierung ohne Maskierung denkbar.