

High-NA EUV-Lithographie

[T234; Mikrosystemtechnik & Enabler-Technologien]

Kurzbeschreibung

Die Technologie zur Herstellung von Halbleiterchips wird immer komplexer, um mehr Transistoren pro Fläche herzustellen. Dies erhöht die Leistung der Chips bzw. reduziert die Chipgröße. Einer der anspruchsvollsten Fertigungsschritte ist die Lithographie, bei der im Wesentlichen die Schaltelemente auf den Siliziumwafer gedruckt werden. Die EUV-Lithographie (EUVL) nutzt durch Laserpulsexposition erzeugte Plasmastrahlung mit einer Wellenlänge von 13,5 nm als Strahlungsquelle und ist damit leistungsfähiger als die vorangehende Immersionslithographie. Zur weiteren Verfolgung des Mooreschen Gesetz werden neue Systeme benötigt. Die High-NA EUVL ist die konsequente Weiterentwicklung der EUVL-Systeme, da vor einem Wechsel der Wellenlänge stets zunächst die Prozessparameter k_1 ($\geq 0,25$) und Numerische Apertur NA optimiert werden. Bei der High-NA EUVL wird die NA von 0,33 auf 0,55 gesteigert. Die NA ist eine dimensionslose Zahl, die angibt wie viel Licht ein optisches System sammeln und fokussieren kann (Öffnungsweite).

Vorteile und Ziele der Technologie

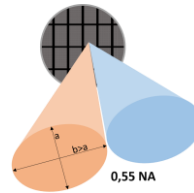
Die kürzere Wellenlänge von 13,5 nm hat gemäß der Abbe'schen Auflösungsformel ($CD = k_1 \lambda / NA^2$) den inhärenten Vorteil, kleinere bzw. leistungsstärkere Halbleiterchips herstellen zu können. Durch die Erhöhung der NA wird gemäß vorangehender Formel zusätzlich die Auflösung bzw. Positioniergenauigkeit im Vergleich zu den heutigen EUV-Systemen vergrößert. Dadurch können kleine Strukturen in weniger Fertigungsschritten (bspw. ohne Multi-Patterning) erreicht werden.

Hemmnisse der Einführung

13,5 nm Licht wird von den Medien Glas und Luft stark absorbiert, weshalb Spiegel mit Multilayer-Beschichtung anstelle von Linsen verwendet werden müssen. Weiterhin muss der Herstellungsprozess im Vakuum durchgeführt werden und benötigt eine komplexe Plasma-Lichtquelle. Die Steigerung der NA von 0,33 auf 0,55 bedingt, dass die Lichtkegel nicht mehr einen kreisförmigen, sondern einen ovalen Lichtkegel aufweisen, da sich der ein- und ausgehende Lichtkegel an der Maske sonst überschneiden würden. Dafür wird ein komplexes, anamorphes Linsendesign benötigt, welches eine 8-fache Vergrößerung in der einen und einer 4-fache in der anderen Richtung ermöglicht. Dadurch wird allerdings die Bildgröße auf dem Waver auf ca. die Hälfte reduziert.

Zeitliche Entwicklung

TRL1	TRL2-4	TRL5-8	MRL8	MRL9	MRL10
	<2023	2023	2025	2025>	



Bildquelle: Eigene Darstellung

Konkurrierende Technologien

Immersionolithographie in Verbindung mit aufwändigem Double-/ Multipatterning und fortgeschrittenem 3D-Chipdesign; EUV-Lithographie (T153)

Einsatzbereich

Als Enabler ist die EUV-Lithographie ein wesentlicher Bestandteil für die Herstellung leistungsstärkerer Chips, die bspw. für die Sensorauswertung (maschinelles Sehen, KI) benötigt werden.

Weiterführende Informationen

Die holländische Firma ASML, gemeinsam mit den strategischen Partnern TRUMPF und ZEISS, ist der derzeit [Stand 2023] einzige Anbieter für EUV-Maschinen. Die EUVL-Fähigkeiten einer Nation sind von wachsender politischer Bedeutung und wirtschaftlicher Systemrelevanz. Deshalb zielen der EU-Chip Act und vergleichbare Programme der USA und Japans darauf ab, diese Fähigkeiten in ihren Volkswirtschaften zu schützen.

Zuordnung zu Kompetenzen

Vakuumtechnik; Mess- und Steuerungstechnik; Halbleitertechnik; Lasertechnik; EUV-Lithographie Anlagen sind riesige und teure Fabriken. KMUs könnten durch die Bereitstellung der Komponenten und Module der benötigten Produktionsanlagen an der Technologie partizipieren.

Schlagworte

Chipdesign; Plasmatechnologie; Numerische Apertur