

EUV-Lithographie

[T153; 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. In den letzten Jahren haben die Chiphersteller v. a. die Immersionslithographie mit einer Belichtungswellenlänge von 193 nm eingesetzt. Chipstrukturen unterhalb von 10 nm können aber mit einer neuen Art Lithographieprozess weitaus kosteneffizienter erreicht werden als mit der Immersionslithographie: die EUV-Lithographie (EUVL), die durch Laserpulseexposition erzeugte Plasmastrahlung mit einer Wellenlänge von 13,5 nm als Strahlungsquelle nutzt. Die nächsten Technologieknoten sind 7 nm und 5 nm.

Vorteile und Ziele der Technologie

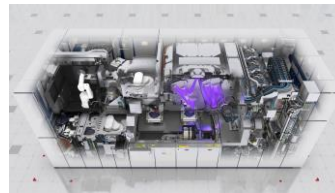
Die kürzere Wellenlänge von 13,5 nm hat gemäß der Abbe'schen Auflösungsformel ($CD = k_1 \lambda / NA^2$) den inhärenten Vorteil, kleinere bzw. leistungsstärkere Halbleiterchips herstellen zu können. Bei der EUVL werden weniger Fertigungsschritte als bei der Immersionslithographie benötigt. Durch neue Transistoren (ebenfalls mit EUVL produzierbar) können Technologieknoten bis 1,5 nm erreicht werden (heutige Transistoren sind auf 3 nm begrenzt, da ab dieser Gatelänge das direkte Tunneln von Elektronen zwischen Quelle und Ableiter beginnt).

Hemmnisse der Einführung

Die EUVL steht vor einigen großen Herausforderungen: 13,5 nm Licht werden von den Medien Glas und Luft stark absorbiert, weshalb Spiegel mit Multilayer-Beschichtung anstelle von Linsen verwendet werden müssen. Außerdem sind die Produktionsanlagen noch sehr teuer. Weiterhin muss der Herstellungsprozess im Vakuum durchgeführt werden und benötigt eine komplexe Plasma-Lichtquelle. Die zukünftige Forschung wird sich auf EUVL mit hoher numerischer Apertur (NA) konzentrieren, was die Auflösung und Positioniergenauigkeit im Vergleich zu den heutigen EUV-Systemen erhöht.

Zeitliche Entwicklung

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



Bildquelle: © ASML

Konkurrierende Technologien

Immersionolithographie in Verbindung mit aufwändigem Double-/ Multipatterning und fortgeschrittenem 3D-Chipdesign; High-NA EUV-Lithographie (T234)

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