

Kurzbeschreibung zum Praktikumsversuch
Fotolithografie (Reinraumpraktikum)
Sommersemester 2009

Dr. Torsten Henning
I. Physikalisches Institut
Justus-Liebig-Universität Giessen



Nur für den Gebrauch in der Lehre der mittelhessischen Hochschulen

This page intentionally left blank.

1 Motivation

Mikro- und Nanostrukturierung ist für eine industrialisierte Nation eine fast schon elementare Kulturtechnik. Der Siegeszug der Mikroelektronik seit den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ist undenkbar ohne die kontinuierliche Miniaturisierung der elektronischen Bauelemente. Wesentliche Prozessschritte in der Herstellung miniaturisierter elektronischer Schaltungen (*Integrated Circuits*, kurz *IC*, oder ugspr. *Chips*) sind

- **Elektronenstrahlithografie**, mit der Mikrostrukturen in einer Polymerschicht auf einer Glasplatte (*Maske*) definiert werden,
- die **Strukturübertragung** in eine lichtundurchlässige Metallschicht auf dieser Maske,
- **Fotolithografie**, mit der die Mikrostrukturen von der Maske in eine Polymerschicht auf dem Werkstück übertragen werden (das ist meistens eine Siliziumscheibe oder *Wafer*),
- die Strukturübertragung in Metall-, Halbleiter- oder Dielektrikumsschichten auf dem Wafer und abschließend
- die Aufbau- und Verbindungstechnik (*Packaging*), mit der die Chips in eine montierbare Form gebracht werden.

In diesem Praktikumsversuch lernen Sie an einem einfachen Beispiel die Prozesse Fotolithografie und Strukturübertragung kennen.

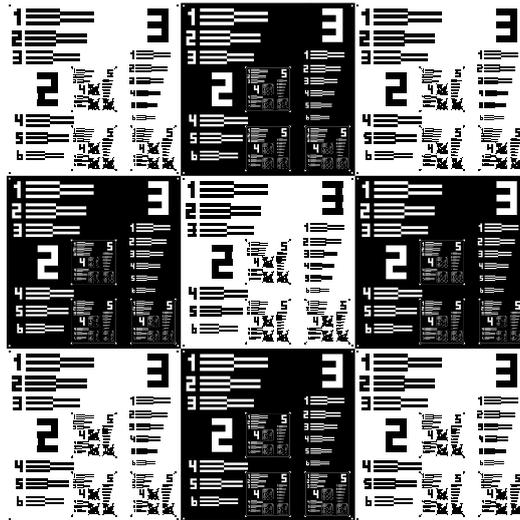
2 Die Fotomaske

Eine Fotomaske wird an einem Rechner entworfen (*Computer Aided Design, CAD*) und in einem sogenannten Maskenshop gefertigt. Diese Prozessschritte sind bereits erfolgt. Bei der zu belichtenden Maske handelt es sich um eine sogenannten Auflösungsstestmaske. Diese enthält Strukturen in einem gewissen Bereich von Größen und in gewissen Abstufungen. Nach jedem Prozessierungsschritt kann man sehen, bis hinunter zu welcher Größe die Strukturen noch gut definiert sind. Die kleinsten noch gut definierten Strukturen markieren die Auflösungsgrenze der Fotolithografie mit den jeweiligen Parametern. Wir verwenden eine Maske mit Fingerstrukturen, deren Linienbreiten von 125 μm bis hinab zu 548 nm in einer Abstufung von $\sqrt[6]{2}$ variieren (siehe Abb. 1).

3 Reinraumlabor

Das verstehende Lesen des Dokuments "Verhalten im Reinraumlabor" ([reinraumverhalten.pdf](#)) ist Voraussetzung für die Teilnahme am Praktikumsversuch.

Der Staub in einer natürlichen Umgebung würde sich in mikroelektronischen Schaltungen durch das Unterbrechen von Leiterbahnen oder das Herbeiführen von Kurzschlüssen katastrophal auswirken. Chips werden deshalb in sogenannten Reinräumen gefertigt, in denen die Konzentration von Staub in der Luft um viele Größenordnungen niedriger liegt



TH_20070723_002 Auflösungsteststrukturen (Finger) Stufung nach USAF 1951 Resolution Test Chart

Abbildung 1: Die verwendete Fotomaske.

als in der Umgebung. Reinräume gibt es in verschiedenen Qualitätsstufen, je nach Anforderung der Anwendung. Eine moderne Chipfabrik etwa 10^5 -mal höhere Reinheitsanforderungen als eine Elektronik-Bestückungsanlage.

Die schlimmste verbleibende Schmutzquelle in einem Reinraum ist der Mensch. Zum Schutz der Produkte ist es erforderlich, sich in eine möglichst staubdichte Kleidung einzupacken und sich bei der Arbeit so zu verhalten, daß möglichst wenig Partikel erzeugt und abgegeben werden und auf dem Produkt landen.

Das Reinraumlabor ist nicht rollstuhlgeeignet. Bei Vorliegen chronischer Atemwegs- oder Hauterkrankungen sowie bei orthopädischen Vorschädigungen, die ein längeres Arbeiten im Stehen beeinträchtigen, sollte die Eignung für Reinraumarbeiten mit einem kompetenten Arzt geprüft werden. Für Minderjährige und Schwangere gelten die in Chemielaboren üblichen Einschränkungen. Reinraumanzüge sind vorhanden in den Größen S bis 3XL.

Im übrigen ist ein Reinraumlabor als ein Chemielabor anzusehen, es gelten also die entsprechenden Verhaltensregeln und Unfallverhütungsvorschriften.



Abbildung 2: Der verwendete Mask Aligner MA 56 im Reinraumlabor.

4 Versuchsablauf

Jeder Teilnehmer erhält zu Beginn seinen persönlichen Siliziumwafer. Die einzelnen Prozessschritte werden vom Betreuer vorgeführt und erklärt und dann von den Teilnehmern jeweils nachgemacht. Der Reihe nach sind dies

1. Dehydrationsbake im Ofen zur Entfernung von Wasser auf der Waferoberfläche,
2. ggf. Aufbringung von Haftvermittler,
3. Belackung mit Fotoresist an der Lackschleuder (*Spin coater*),
4. Softbake,
5. Einlegen des Wafers in das Belichtungsgerät (*Mask Aligner, MA*), s. Abb. 2,
6. Belichtung,
7. ggf. Post exposure bake (je nach Resist)
8. Entwicklung,
9. Inspektion und Dokumentation am optischen Mikroskop,
10. Bedampfung mit einem Metall,
11. ggf. Inspektion und Dokumentation am Rasterelektronenmikroskop,
12. lift-off des überschüssigen Metalls,
13. Inspektion und Dokumentation am optischen Mikroskop,
14. ggf. Inspektion und Dokumentation am Rasterelektronenmikroskop.

5 Nachbereitung und Leistungsnachweis

Während der Durchführung sind die relevanten Parameter und Beobachtungen zu protokollieren. Ein reinraumgeeignetes Protokollheft wird zur Verfügung gestellt. Im Anschluß ist ein kompakter Bericht zu verfassen und mit einer sinnvollen Auswahl der gemachten Aufnahmen (Mikroskop/SEM) zu illustrieren.

6 Literatur

Für eine Auswahl vertiefender Literatur und eine aktuelle Ausgabe des Skripts zur Vorlesung Mikro-/Nanostrukturierung setzten Sie sich in Verbindung mit Dr. Torsten Henning, HBR 16, Raum 429, Tel. 33 191, Torsten.Henning@physik.uni-giessen.de.