

Grauton-Lithografie mit Fotolacken



Version: 2013-11-07 Quelle:

www.microchemicals.com/de/downloads/anwendungshinweise.html

Grundlagen der Grauton-Lithografie

Normalerweise ist man in der Lithografie danach bestrebt, ein binäres Verhalten der verwendeten Fotolacke zu erzielen: Bestimmte Bereiche auf dem Substrat sollen komplett frei entwickelt werden, die verbleibenden Lackstrukturen jedoch einen möglichst rechteckigen Querschnitt aufweisen.

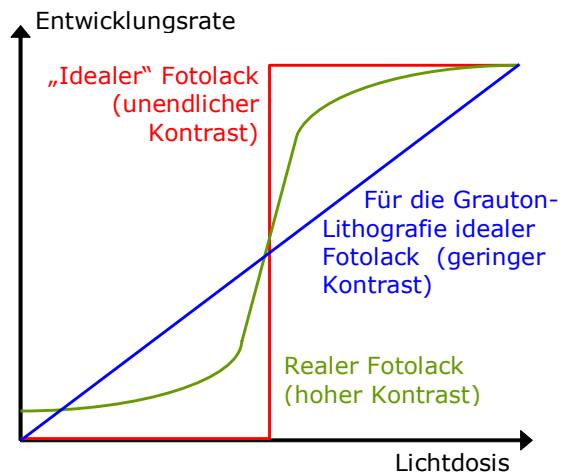
Die Grauton-Lithografie hat das Ziel, über die laterale Variation der Belichtungsdosis eine bestimmte Topografie aus der Lackschicht heraus zu entwickeln. Im folgenden ist beschrieben, über welche Mechanismen und Prozessparameter dies erzielt werden kann. Die Auswahl geeigneter Lacke richtet sich im Wesentlichen nach der Funktion der Lackmaske, wozu das Dokument [Fotolacke, Entwickler und Remover](#) detaillierte Auskunft gibt.

Grauton-Lithografie mit „dünnen“ Fotolacken

Als „dünne Lackschichten“ sind hier Lacke gemeint, deren Schichtdicke kleiner als die Eindringtiefe der verwendeten Belichtungswellenlänge ist. Bei g-/h-/i-line Lacken welche mit diesen Linien belichtet werden trifft diese Bedingung auf Schichtdicken $< 2 \mu\text{m}$ zu.

Da bei der Belichtung dünner Lackschichten diese weitgehend gleichmäßig bis zum Substrat belichtet wird ist die Entwicklungsrate von der Lackoberfläche bis zum Substrat ebenfalls konstant. Die Entwicklungsrate hängt jedoch von der lateral variierenden Belichtungsdosis ab, welche sich beim Entwickeln so zur gewünschten Lack-Topologie überträgt.

Der entscheidende Parameter ist demnach die Form der Abhängigkeit der Entwicklungsrate von der Belichtungsdosis. Wie das Schema rechts zeigt, hat ein realer Lack (grün) eine einer Stufenfunktion ähnliche Abhängigkeit: Unterhalb einer bestimmten Belichtungsdosis wird der Lack nur über den Dunkelabtrag im Entwickler gelöst, etwas über dieser Dosis beginnt die Entwicklungsrate auf hohem Niveau zu sättigen. Um mit solchen Lacken Grautonlithografie zu betreiben müsste die Lichtdosis innerhalb eines sehr schmalen Bereichs der Dosis über das Substrat variiert werden, was schwer reproduzierbar ist. Die Entwicklungsrate eines für die Grauton-Lithografie idealen Fotolacks wäre eine lineare Funktion der Lichtdosis (blau).



Der Kontrast eines realen Fotolacks lässt sich über seine Prozessparameter so verringern, dass er für die Grauton-Lithografie geeignet ist, d. h. die Entwicklungsrate über einen großen Bereich der Belichtungsdosis gesteuert wird:

Ein **kurzer oder/und kühler Softbake** (z. B. 60-70°C für eine Minute je μm Lackschichtdicke) erhöht, bezogen auf normale Softbakebedingungen, den Dunkelabtrag über den hohen Restlösemittelanteil stärker als die Entwicklungsrate belichteten Fotolacks.

Alternativ verringert ein **sehr heißer oder/und langer Softbake** (z. B. 120°C für 5-10 Minuten) den Kontrast über i) die Verringerung der Entwicklungsrate durch thermisch zersetzten Fotoinitiator und ii) die Erhöhung des Dunkelabtrags, da mit der zersetzte Fotoinitiator im nicht belichteten Zustand nicht mehr als Inhibitor zur Verfügung steht.

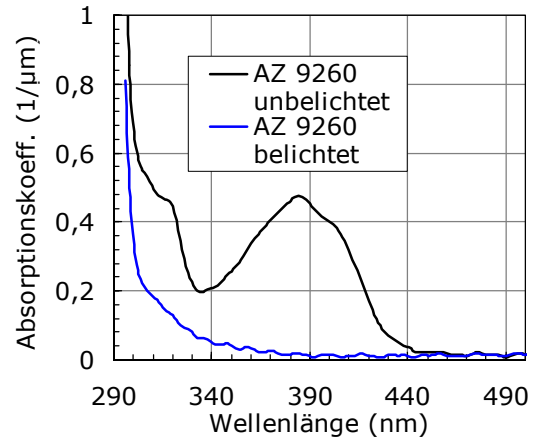
Zusätzlich kann eine **kurze Flutbelichtung** einen „Offset“ der Entwicklungsrate bewirken. Ein **scharf angesetzter Entwickler** (z. B. AZ® 400K oder 351B 1 : 2.5 ... 1 : 3 in H₂O) hat eine deutlich geringere Selektivität (Verhältnis der Entwicklungsrate zum Dunkelabtrag) als ein schwächer angesetzter Entwickler.

Grauton-Lithografie mit „dicken“ Fotolacken

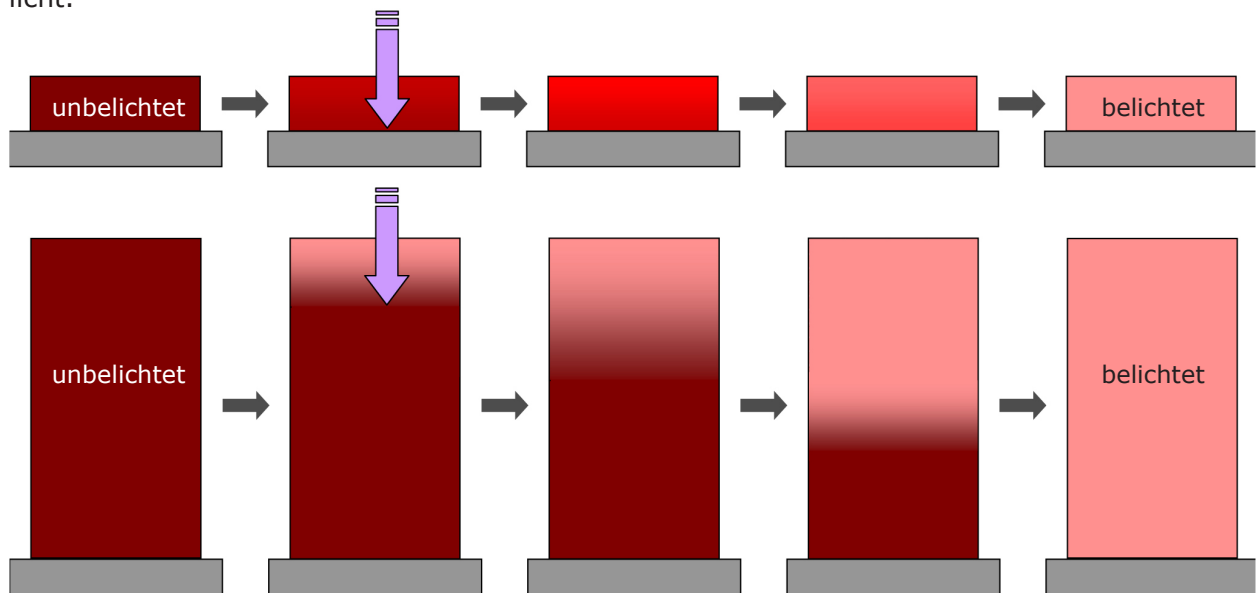
Mit „dicken Lackschichten“ sind in diesem Zusammenhang Lacke gemeint, deren Schichtdicke ein wenigstens Mehrfaches der Eindringtiefe der verwendeten Belichtungswellenlänge beträgt. Bei g-/h-/i-line Lacken welche mit diesen Linien belichtet werden trifft diese Bedingung auf Schichtdicken > 5 µm zu.

Der Absorptionskoeffizient typischer Fotolacke von ca. 1-2 µm⁻¹ würde eine Durchbelichtung dicker Lackschichten verhindern, wenn die optischen Parameter während der Belichtung konstant blieben. Jedoch verringert sich die UV-Absorption des Lacks mit der empfangenen Lichtdosis um Größenordnungen (Abb. rechts).

Wie das Schema unten im Vergleich zur Belichtung dünner Lackschichten zeigt, absorbieren dicke Lackschichten deswegen zu Beginn der Belichtung nur in den obersten µm, welche dabei UV-transparent werden und das Licht während der weiteren Belichtung immer tiefer in Richtung Substrat lenken. Hierbei steigt die entwickelbare Schichtdicke annähernd linear mit der Belichtungs-dosis an, was reproduzierbare Anwendungen in der Grauton-Lithografie ermöglicht.



Das Absorptionsspektrum von AZ® 9260 vor (schwarz) und nach (blau) dem vollständigen Durchbelichten.



Während „dünne“ Fotolackschichten (oben) nahezu gleichmäßig durchbelichtet werden, bleichen „dicke“ Schichten (unten) mit zunehmender Lichtdosis in Richtung Substrat.

Gewährleistungsausschluss

Alle in dieser Broschüre enthaltenen Informationen, Prozessbeschreibungen, Rezepturen etc. sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Dennoch können wir keine Garantie für die Korrektheit der Angaben übernehmen. Grundsätzlich ist jeder Mitarbeiter dazu angehalten, sich im Zweifelsfall in geeigneter Fachliteratur über die angedachten Prozesse vorab ausreichend zu informieren, um Schäden an Personen und Equipment auszuschließen.

AZ® und das AZ Logo sind eingetragene Markenzeichen der AZ Electronic Materials (Germany) GmbH.