

Hoch auflösende Fotolack-Prozesse



Version: 2013-11-07 Quelle:

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

Hoch auflösende Fotolacke

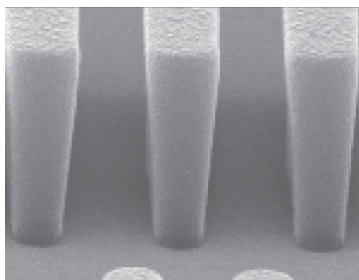
Dieses Dokument erläutert, welche Parameter und Randbedingungen bei der Fotolackprozessierung für die Erzielung einer hohen bis maximalen Auflösung für Strukturen < 500 nm entscheidend sind. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf g-, h- und i-line Lacken, Elektronenstrahl-Lacke und Tief-UV-Lacke werden an anderer Stelle behandelt.

Zunächst ist auf die Auswahl eines Lacks zu achten, welcher aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung die gewünschte hohe Auflösung erzielen kann. Für trockenchemische Prozesse wie Trockenätzen bietet sich hierbei der **AZ® 701 MiR** mit seinen steilen Flanken und seinem hohen Erweichungspunkt über 130°C an, für nasschemisches Ätzen die **AZ® ECI 3000** Serie mit ihrer optimierten Haftung zu den meisten Substraten, und für Lift-off Prozesse die Negativlackserie **AZ® nLOF 2000** welche einen reproduzierbaren Unterschnitt erlaubt.

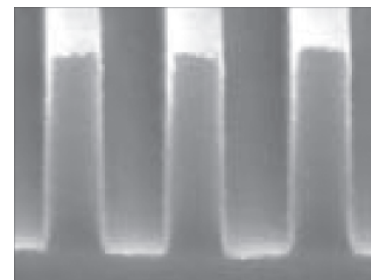
Technische Datenblätter und ein Muster lassen wir Ihnen auf Anfrage gerne zukommen!



300 nm lines and spaces mit dem AZ® 701 MiR



700 nm lines and spaces mit dem AZ® nLOF 2020



450 nm lines and spaces mit dem AZ® ECI 3012

Softbake

Für hohe Auflösungen ist ein hohes Kontrastverhalten des Lacks Voraussetzung: Nur wenn später im Entwickler belichtete Bereiche möglichst rasch, und unbelichtete Bereiche mit minimaler Rate abgetragen werden (für Negativlacke gilt der umgekehrte Fall) lassen sich sehr feine Strukturen sauber herausentwickeln.

Für einen hohen Kontrast von Positivlacken ist die Lacktrocknung mit entscheidend: Wird der Softbake zu kühl oder zu kurz ausgeführt, ist durch den hohen Restlösemittelanteil in der Lackschicht deren Dunkelabtrag zu groß. Bei einem sehr heißen oder/und langen Softbake zersetzt sich ein großer Anteil des Fotoinitiators, wodurch die Entwicklungsrate abnimmt.

Optimale Softbakeparameter für Dünnlacke (< 2 µm) sind wir 100-110°C (Hotplate) für ca. 1 Minute. Details zum Softbake gibt das Dokument [Softbake von Fotolackschichten](#).

Rehydrierung

DNQ-basierte Positivlacke (nahezu alle AZ® Positiv- und Umkehrlacke) benötigen beim belichten eine Mindestmenge an Wasser, um später rasch zu entwickeln und so den für eine hohe Auflösung schädlichen Dunkelabtrag zu minimieren. Nach dem Softbake ist die Lackschicht jedoch nahezu wasserfrei.

Um vor dem Belichten ausreichend Wasser aus der Luftfeuchtigkeit aufnehmen zu können, sollte diese mindestens 45 % betragen. Die Dauer der Rehydrierung bis zur Gleichgewichtskonzentration an Wasser in der Lackschicht beträgt für dünne Lackschichten (< 2 µm) nur

wenige Sekunden und spielt deshalb keine praktische Rolle. Details zur Rehydrierung gibt das Dokument [Rehydrierung von Fotolacken](#).

Belichtung

Die **Belichtungswellenlänge** begrenzt das theoretisch Auflösungslimit. Die freien Öffnungen der Fotomaske bilden Spalte, wodurch sich nach wellenoptischen Gesetzmäßigkeiten Beugungsmuster auf und in der Lackschicht bilden. Diese Verteilungen der Lichtintensität sind Abweichungen vom Idealfall einer rechteckigen, lateral scharf begrenzten Lichtverteilung im Lack. Da die Dimensionen der Beugungsmuster mit der Wellenlänge skalieren, lässt sich die minimale Auflösung mit kürzeren Wellenlängen erhöhen.

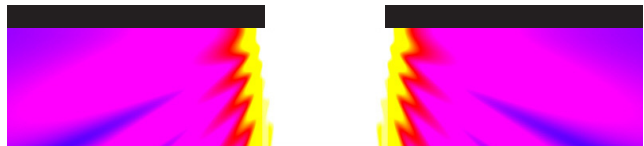


Querschnitt der Intensitätsverteilung von i-line (365 nm) Licht in einer 1 µm dicken Lackschicht unter einer 1 µm Öffnung

In diesem Zusammenhang sind jedoch zwei Dinge zu berücksichtigen: Die mögliche laterale Auflösung sinkt nur mit der Quadratwurzel der Wellenlänge, so dass ein Übergang von g-line (435 nm) auf i-line (365 nm) weniger als 10 % möglicher Auflösung bewirkt. Die Verwendung noch kleinerer Wellenlängen für g-, h- und i-line Lacke ist nicht ratsam, da dafür die Absorption dieser Lacke stark zunimmt. Durch die notwendigerweise höheren Belichtungs-dosen sinkt über Streuung und Beugung die mögliche Auflösung.

Ein **Maskenabstand** zur Lackoberfläche verringert die mögliche laterale Auflösung, da sich das Beugungsbild unterhalb der Fotomaske aufweitet. Ein solches Proximity Gap sollte unbedingt vermieden werden. Gründe für ein unbeabsichtigtes Gap können sein:

- Partikel in der Lackschicht über die Reinraumluft, verunreinigte Substrate oder gealterten Fotolack,
- Luftblasen in der Lackschicht durch manuelles Dispensieren des Lacks oder zu kurze Wartezeit nach dem Umfüllen/Be-wegen von Fotolack,
- Maskenschmutz durch Partikel oder Lackreste,
- raue, texturierte oder gewellte (verspannte) Substrate, oder
- ein Randwall oder eine verkehrt herum eingebaute Maske ☹.



Querschnitt der Intensitätsverteilung von i-line (365 nm) Licht in einer 2 µm dicken Lackschicht unter einem 2 µm breiten Spalt ohne (oben) und mit (unten) einem 10 µm proximity gap.

Eine optimale **Belichtungs-dosis** ist eine weitere Voraussetzung für eine maximale Auflösung. Ist die Belichtungs-dosis zu gering, dauert die Entwicklung länger und der absolute Dunkelabtrag nimmt zu. Bei einer zu großen Belichtungs-dosis werden durch Beugung, Streuung und Reflexionen zunehmend auch nominell unbelichtete Bereiche im Entwickler löslich.

Die optimale Dosis ist diejenige, bei der die Entwicklungsrate zu sättigen beginnt, eine weitere Erhöhung der Dosis also keine Erhöhung der Entwicklungsrate zur Folge hat. Um diese Dosis zu bestimmen empfiehlt sich dringend, für jeden Prozess eine Belichtungsreihe mit Bestimmung der zu fahren.

Die **optischen Substrateigenschaften** spielen bei der erzielten Auflösung ebenfalls eine Rolle: Raue oder texturierte Substrate streuen Licht auch in nominell dunkle Bereiche, und transparente Substrate wie Glas oder Quarz, oder Substrate mit UV-transparenter Beschichtung (dickes SiO₂ auf Si) führen Licht lateral und belichten Lack so ebenfalls an Stellen wo er nicht belichtet werden sollte.

Entwicklung

Der für eine hohe Auflösung entscheidende Parameter der Entwicklung ist die Selektivität: Belichtete Bereiche sollen möglichst rasch, unbelichtete Bereiche möglichst gar nicht abgetragen werden (umgekehrt bei Negativlacken).

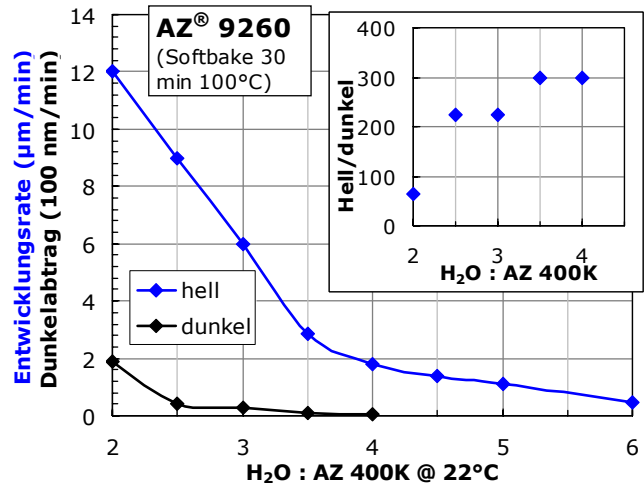
Die Selektivität von Entwicklern nimmt mit deren Verdünnung zu, da hierbei der Dunkelabtrag langsamer als die Entwicklungsrate ansteigt. Für dünne Lackschichten um 1 µm oder darunter empfiehlt es sich, den jeweiligen Entwickler stärker als üblich verdünnt anzusetzen: Den AZ 400K oder 351B statt 1 : 5 ... 1 : 6 (statt 1 : 4), und die TMAH-basierten Entwickler AZ 326 MIF oder 7265 MIF in einer 2 : 1 ... 1 : 1 Verdünnung (statt ihrer Verwendung als Konzentrat). Hierdurch verlängert sich die Entwicklungsdauer auf Werte, welche ein reproduzierbares Entwickeln vereinfachen.

Bei hohen Auflösungsanforderungen ist von Entwicklern mit intrinsisch höherem Dunkelabtrag abzuraten: Der AZ® 826 MIF, AZ® Developer und AZ® 303 besitzen eine geringere Selektivität als die Entwickler AZ® 400K, AZ® 351B oder AZ® 326/726 MIF.

Das Dokument [Fotolacke, Entwickler und Remover](#) erläutert, welche Entwickler für welche Fotolacke empfohlen werden.

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.



Der Dunkelabtrag steigt mit zunehmender Entwicklerkonzentration schneller als die Entwicklungsrate, so dass die Selektivität des Entwicklers mit der Verdünnung zunimmt.

Die Aufnahmen auf Seite 1 dieses Dokuments entstammen den technischen Datenblättern der genannten Fotolacke des Herstellers AZ-EM. AZ® und das AZ Logo sind eingetragene Markenzeichen der AZ Electronic Materials (Germany) GmbH.