

ENTWICKLUNG

Nach der Belichtung liegt die spätere Lackmaske als latentes Bild im Fotolack vor: Die belichteten Bereiche unterscheiden sich chemisch von den nicht belichteten Stellen. Die Aufgabe der Entwicklung ist es, entweder die belichteten (bei Positivlacken) oder unbelichteten (bei Negativlacken) Lackbereiche aufzulösen, wodurch aus dem latenten Bild die fertigen Lackstrukturen entstehen.

Dieses Kapitel erläutert die chemischen und physikalischen Vorgänge während der Entwicklung sowie den Einfluss verschiedener Prozessparameter auf die Entwicklungsrate und Selektivität des Entwicklungsvorgangs.

Grundchemie von Entwicklern

Wässrig alkalische Entwickler

Positivlacke und die von uns vertriebenen Negativlacke lassen sich wässrig alkalisch entwickeln. Die entsprechenden Entwickler basieren entweder auf verdünnter Natron- oder Kalilauge oder einer wässrigen Lösung aus dem metallionenfreien organischen TMAH (TetraMethylAmmoniumHydroxid).

Manchen Entwicklern sind chemische Puffer gegen die Neutralisation durch CO_2 zur Verlängerung der Standzeit, Oberflächenbenetzer für die Puddle-Entwicklung oder Additive zum Entfernen schwer löslicher Lackrückstände zugesetzt.

Angebrochene Entwicklergebilde sollten gut verschlossen gelagert und im Einsatz nicht unnötig lange offen stehen gelassen werden, um ein Eindringen von CO_2 aus der Umgebungsluft zu verhindern. CO_2 vermindert die Aktivität des Entwicklers nach dem Erschöpfen eines evtl. vorhandenen chemischen Puffers und verringert seine Entwicklungsrate durch einen sinkenden pH-Wert.

Mit Entwickler befüllte offene Behälter nehmen ebenfalls CO_2 aus der Umgebungsluft auf, wobei hier das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen entscheidend ist: Bechergläser mit einigen Litern Volumen können schon nach wenigen Stunden deutlich an Aktivität verlieren, während größere Tanks auch Tage und Wochen stabil bleiben. Eine Beaufschlagung des Entwicklers mit Stickstoff, der sich wie ein Teppich auf die Entwickleroberfläche legt und so den CO_2 -Eintrag unterdrückt erhöht die Standzeit deutlich.

Organische Lösemittel

Quervernetzende Negativlacke können prinzipiell auch mit organischen Lösemitteln entwickelt werden, in welchen die quervernetzten Lackbereiche unlöslich sind. Bei den von uns vertriebenen, üblicherweise wässrig alkalisch entwickelbaren AZ[®] Negativlacken ist hierbei jedoch Vorsicht geboten: Bei zu langer Einwirkdauer organischer Lösemittel besteht abhängig vom Quervernetzungsgrad der Lackschicht und deren Haftung

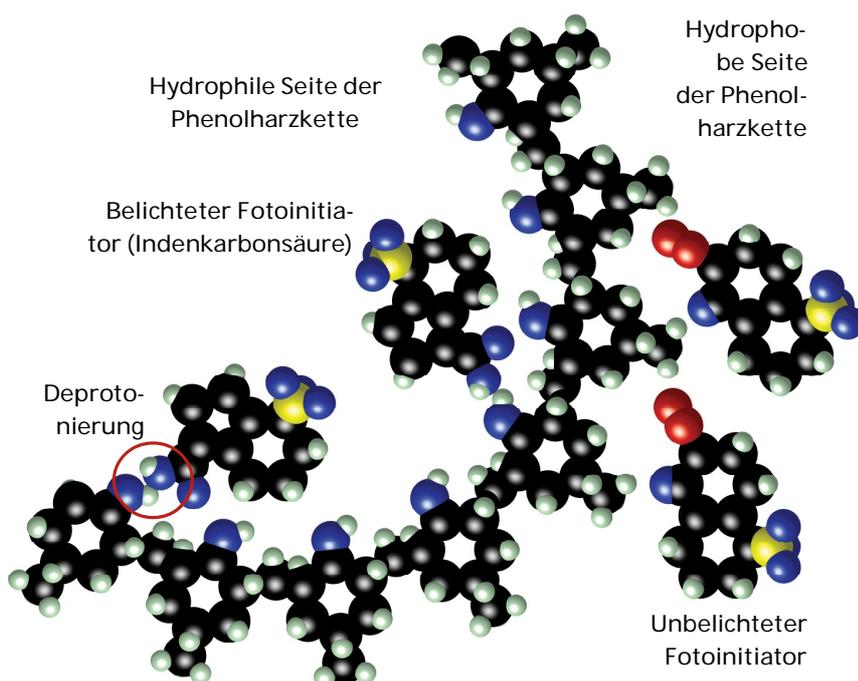


Abb. 95: Der schematische Vorgang der Entwicklung DNQ-basierter Fotolacke auf molekularer Ebene: Im unbelichteten Zustand sitzt der Fotoinitiator auf der hydrophoben Seite der Phenolharzkette, die beim Belichten gebildete Indenkarbonsäure wandert zur hydrophilen Seite.

Dort entzieht sie dem Harz ein Proton, welches sich dadurch negativ auflädt und in wässrig alkalischen Entwicklern löslich wird.

Kohlenstoffatome sind hier schwarz dargestellt, Wasserstoffatome hellgrau, Sauerstoffatome blau, Stickstoffatome rot und Schwefelatome gelb.

zum Substrat die Gefahr, dass sich die quervernetzten Lackbereiche vom Substrat ablösen.

Auswahlkriterien von Entwicklern

Kompatibilität zu Fotolacken

Nicht jeder Fotolack lässt sich mit jedem Entwickler rückstandsfrei entwickeln. So ist beispielsweise für die AZ® 4500 Serie der NaOH-basierte AZ® 351B weniger geeignet als KOH- oder TMAH-basierte Entwickler, während der AZ® 111 XFS den AZ® 303 als Entwickler erfordert.

Falls bei der Prozessierung von Negativlacken über Streuung, Beugung oder Reflexionen eine unbeabsichtigte Teilbelichtung nominell dunkler Lackbereiche zu befürchten ist bietet sich der TMAH-basierte AZ® 826 MIF an. Dieser beinhaltet einen Zusatz zum Abtrag schwer entwickelbarer Lackbereiche, was auch bei der Entwicklung von Positivlacken u. U. zu einem saubereren Entwicklungsbild führen kann, allerdings auf Kosten eines höheren Dunkelabtrags.

Metallionenhaltig oder metallionenfrei?

Metallionenhaltige Entwickler wie der NaOH-basierte AZ® 351B oder der KOH-basierte AZ® 400K sind in der Regel deutlich preiswerter als metallionenfreie TMAH-basierte Entwickler, ohne grundsätzlichen Unterschied in ihrer Leistungsfähigkeit oder Kapazität.

Ein wichtiges Auswahlkriterium für den optimalen Entwickler ist demnach die Frage, ob metallionenfrei entwickelt werden muss oder metallionenhaltig entwickelt werden darf. Metallionenfreiheit ist z. B. dann eine Bedingung, wenn zwingend ausgeschlossen werden muss, dass Rückstände an Natrium- oder Kaliumionen des Entwicklers auf dem Substrat bei nachfolgenden Hochtemperaturprozessen in das Halbleitersubstrat diffundieren und dort als Störstellen dessen elektronische Eigenschaften beeinflussen.

Verdünnen oder Ready-to-use?

Metallionenhaltige Entwickler wie der AZ® 351B, AZ® 400K oder AZ® Developer werden üblicherweise als Konzentrat geliefert und vor der Anwendung mit DI-Wasser verdünnt.

Die auf 2.38 % TMAH-basierten AZ® 326 MIF, 726 MIF oder 826 MIF sind fertig vorverdünnt (ready-to-use) und werden nur in Ausnahmefällen, wenn es die Anwendung erfordert etwas verdünnt eingesetzt.

Kompatibilität zu Substraten

Ebenfalls berücksichtigt werden muss die Kompatibilität des Entwicklers zum eingesetzten Substratmaterial: Die meisten Entwickler greifen aufgrund ihres hohen pH-Wertes von ca. 13 Metalle wie Aluminium und Kupfer sowie verschiedene Verbindungshalbleiter an, wodurch auch die Gefahr eines Verschleppens des vom Entwickler geätzten Materials auf andere Stellen des Substrats besteht.

Unser „AZ® Developer“ (metallionenhaltig, basierend auf Natrium-Metasilikat und -Phosphat) ist auf minimalen Aluminium-Abtrag optimiert und greift auch viele andere alkalisch empfindliche Materialien deutlich weniger an als andere wässrige alkalische Entwickler.

Kompatibilität zum Equipment bzw. Entwicklungsverfahren

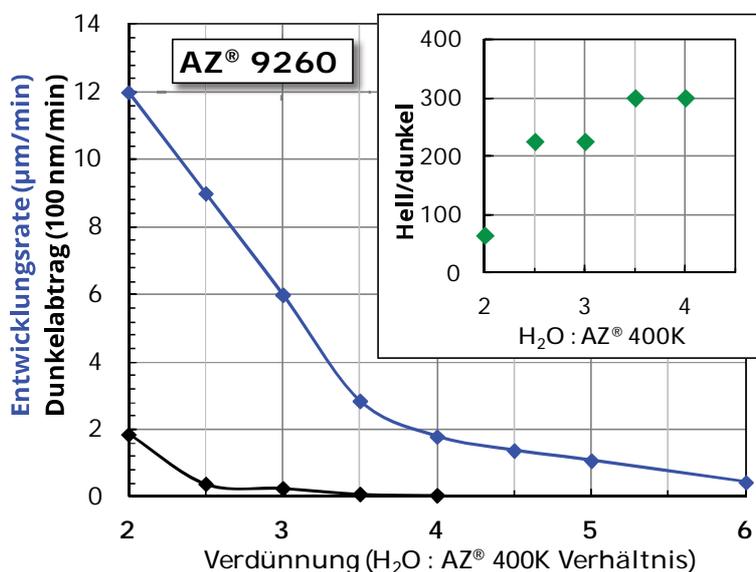


Abb. 96: Der Dunkelabtrag steigt mit zunehmender Entwicklerkonzentration schneller als die Entwicklungsrate, so dass die Selektivität des Entwicklers (im Inneren Plot als Verhältnis der Entwicklungsrate zum Dunkelabtrag aufgetragen) mit der Verdünnung zunimmt. Dieses Experiment wurde an einer 30 µm dicken, bei 100°C für 30 min gebackenen AZ® 9260 Schicht und dem KOH-basierten Entwickler AZ® 400K bei 22°C durchgeführt.

Für die Tauchentwicklung (im Becherglas oder Tank) eignen sich grundsätzlich alle Entwickler. Bei einer starken mechanischen Umwälzung des Entwicklers, oder auch im Falle der Sprühentwicklung, kann eine Schaumbildung von z. B. im AZ® 726 MIF oder 826 MIF zugesetzten Tensiden problematisch sein. Diese als Benetzer fungierenden Tenside sind jedoch in der Puddle-Entwicklung eine Voraussetzung für eine rasche und gleichmäßige Benetzung des Substrats und damit ein über das gesamte Substrat homogenes Entwicklungsergebnis.

Inkompatibilitäten zwischen MIC und MIF Entwicklern

Selbst geringe Spuren an TMAH aus metallionenfreien Entwicklern wie dem AZ® 326 MIF, 726 MIF oder 826 MIF bestehen) können die Entwicklungsrate metallionenhaltiger Entwickler wie dem AZ® 400K oder 351B deutlich verringern.

Werden also TMAH- als auch KOH- oder NaOH-basierte Entwickler eingesetzt, ist auf äußerst sauberes Arbeiten zu achten, um gegenseitige Kontaminationen selbst im ppm-Bereich, z. B. im Zuleitungs- oder Dispensiersystem oder den Entwicklerbehältern, auszuschließen.

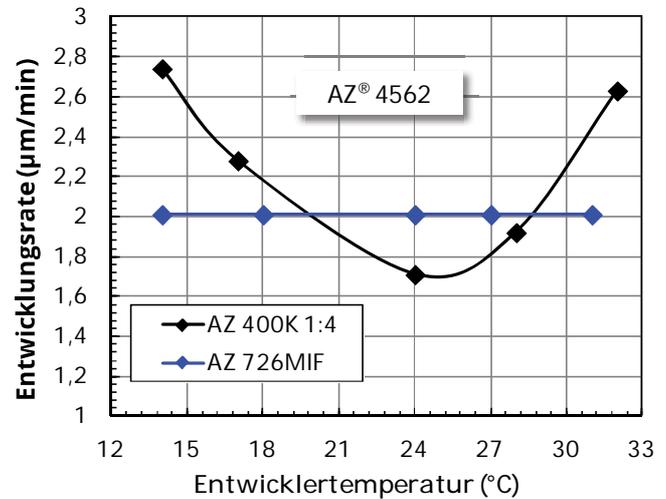


Abb. 97: Die an einer 6 µm dicken AZ® 4562 gemessene Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsrate (als Mittelwert über die Entwicklung der gesamten Lackschicht) am Beispiel des KOH-basierten AZ® 400K und TMAH-basierten AZ® 726 MIF.

Entwicklung: Vorgänge im Fotolack auf molekularer Ebene

Positivlacke und Umkehrlacke

Die Belichtung unserer Positivlacke, unserer Umkehrlacke im Positivmodus und die Flutbelichtung von Umkehrlacken im Negativmodus basiert auf der Umwandlung des DNQ-basierten Fotoinitiators in eine Indenkarbonsäure. Diese wandert von der hydrophoben zur hydrophilen Seite der Phenolharzketten des Lacks an der Ort der OH-Gruppen der Phenol-Einheiten. Von dieser OH-Gruppe spaltet die Indenkarbonsäure ein Wasserstoff-Ion ab, wodurch sich das Harzmolekül elektrisch auflädt was letztendlich die erhöhte Löslichkeit in Entwicklern bewirkt.

Negativlacke

Bei Negativlacken besitzt das unbelichtete Harz eine voreingestellte, ausreichend hohe physikalische Löslichkeit in Entwicklern, während belichtete und ausreichend quervernetzte Lackbereiche dort nur einen vernachlässigbaren Abtrag zeigen.

Entwicklerkonzentration und Selektivität

Definition der Selektivität

Die Selektivität eines Entwicklers bezeichnet das Verhältnis der Abtragsrate des zu entwickelnden Lacks zur Abtragsrate der Lackstrukturen, die auf dem Substrat verbleiben sollen.

Bei der Entwicklung von Positivlacken steigt die Entwicklungsrate (= Abtragsrate des belichteten Lacks) mit der Entwickler-Konzentration langsamer als die Dunkelabtragsrate (= Abtragsrate von unbelichtetem Fotolack) an, wie Abb. 96 anhand einer Verdünnungsreihe am AZ® 400K zeigt:

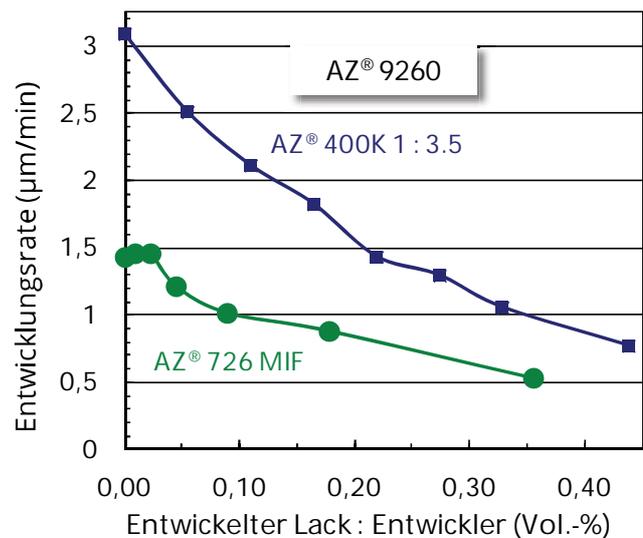


Abb. 98: Bereits ab einem Verhältnis von entwickeltem Fotolack : Entwickler = 1 : 1000 sinkt die Entwicklungsrate deutlich, hier exemplarisch gezeigt am AZ® 9260 entwickelt im KOH-basierten AZ® 400K und alternativ im TMAH-basierten AZ® 726 MIF.

Eine Erhöhung der Verdünnungsgrades des Entwicklers von AZ® 400K : H₂O = 1 : 2 auf 1 : 4 erhöht die Selektivität um einen Faktor fünf, jedoch auf Kosten einer deutlich geringeren Entwicklungsrate.

Optimaler Verdünnungsgrad

Deshalb ist bei der Verwendung von Entwicklerkonzentraten auf eine den Prozessanforderungen angepasste Verdünnung zu achten.

Für die meisten Prozesse empfohlene Verdünnungen für den AZ® 400K oder AZ® 351B sind Entwicklerkonzentrat : Wasser = 1 : 4. Für sehr dicke Lackschichten kann zur Beschleunigung der Durchentwicklung ein 1 : 3 Verhältnis angesetzt werden, bei sehr feinen (sub- μm) Strukturen kann ein 1 : 6 Verhältnis eine hohe Auflösung unterstützen. Beim AZ® Developer liegt das entsprechende Verdünnungsfenster zwischen 1 : 0 (unverdünntes Konzentrat) und 1 : 1.

Die 2.38 % TMAH-basierten Entwickler AZ® 326/726/826 MIF liegen für die allermeisten Anwendungen „ready-to-use“ vor, können für sehr hohe Auflösungsanforderungen bei sehr dünnen Lackschichten aber auch leicht verdünnt (z. B. Entwickler : Wasser = 4 : 1 ... 2 : 1) werden.

Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsrate

Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsrate hängt vom verwendeten Entwickler und Fotolack sowie dessen Prozessierung ab und hat ihren Ursprung in den thermischen Aktivierungsenergien aller beim Entwicklungsvorgang beteiligten Teilreaktionen wie Stofftransport, Lösung und Komplexbildung.

Nicht-konstante Entwicklertemperaturen können verschiedene Ursachen haben:

- Schwankende Reinraum-Temperaturen,
- eine unterschiedliche Temperatur des Reinraums und des Entwickler-Lagers,
- Mischungswärme beim Verdünnen aus Konzentraten,
- eine schwankende Temperatur des Reinstwassers zum Verdünnen oder
- Verdunstungskühlung durch den Flow bzw. die Absaugung.

Zur Vermeidung einer Unter- oder Überentwicklung bietet sich eine zumindest stichprobenartige Messung der Entwicklertemperatur an. Kann diese nicht konstant gehalten werden, sollte v. a. bei kritischen Prozessen deren Einfluss auf die Entwicklungsrate bestimmt und ggfalls. die Entwicklungsdauer angepasst werden.

Abb. 97 zeigt am Beispiel des KOH-basierten AZ® 400K und TMAH-basierten 726 MIF unterschiedliche Temperaturabhängigkeiten der Entwicklungsrate des AZ® 4562: Während der MIF Entwickler zwischen 13°C und 32°C einen konstanten Temperaturgang aufweist, zeigt der AZ® 400K ein Minimum nahe 25°C. Die Zunahme der Entwicklungsrate mit der Temperatur erklärt sich mit einer dabei gesteigerten Reaktionsrate des Entwicklungsprozesses. Der zunächst überraschende Anstieg der Rate zu kleineren Temperaturen liegt daran, dass bei geringeren Temperaturen der gebildete Komplex des bereits entwickelten Lacks stabiler ist und so dessen Wiedereinbau aus dem Entwickler in die Lackschicht unterdrückt wird.

Erschöpfung des Entwicklers durch Lackanreicherung

Bei entsprechendem Durchsatz an Substraten ist in der Tankentwicklung unter Umständen nicht die Neutralisation des Entwicklers durch CO₂ aus der Luft, sondern die Erschöpfung durch bereits entwickelten Fotolack die Hauptursache für eine abnehmende Entwicklungsrate. Da verschiedene Fotoinitiatoren im Sichtbaren ganz unterschiedlich absorbieren, ist die Färbung des Entwicklerbades kein hinreichend genaues Kriterium für einen notwendigen Wechsel des Entwickleransatzes.

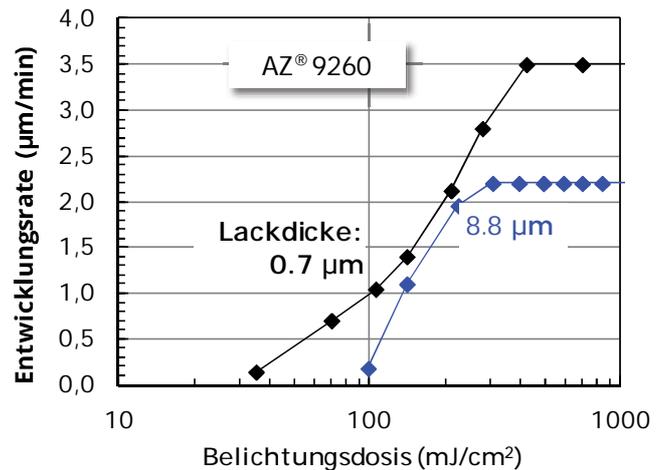


Abb. 99: Durch die begrenzte Eindringtiefe von Licht im Fotolack in Verbindung mit dem Effekt des Bleichens des Lacks beim Belichten verhält sich der Gang der Entwicklungsrate (hier in einem 1 : 4 verdünnten AZ® 400K) dünner Lackschichten (schwarzer Graf) anders als der dicker Lackfilme (blauer Graf).

Auch in der Puddle- oder Sprühentwicklung stellt sich oft die Frage nach dem optimalen Entwicklervolumen je Substrat.

Als Faustregel gilt: Befindet sich 1 Promille (Volumen oder Gewicht) entwickelter Fotolack in der Entwicklerflüssigkeit, sinkt die Entwicklungsrate spürbar, ein Wechsel des Entwicklers ist zu diesem Zeitpunkt daher sinnvoll. Ab einem Verhältnis von 1 : 100 ist ein Großteil der OH⁻-Ionen im Entwickler aufgebraucht, die Entwicklungsrate nahezu Null.

Bei steigender Lack-Konzentration im Entwickler wird ein rasches und ausreichendes Spülen nach dem Entwickeln mit DI-Wasser zur Vermeidung von Lackrückständen auf den frei entwickelten Flächen des Substrats immer wichtiger. Zur Optimierung (Minimierung) des Entwicklerverbrauchs mittels Tauchentwicklung kann ein zweistufiges Entwickeln sinnvoll sein, wobei nach Erschöpfen des ersten Entwicklerbades dieses entsorgt, durch den Entwickler des zweiten Beckens ersetzt, und letzteres mit frischem Entwickler befüllt wird. Bei der Puddle-Entwicklung dicker Fotolackschichten empfehlen sich zwei oder mehrere aufeinander folgende Puddle-Schritte, zwischen denen der verbrauchte Entwickler kurz abgeschleudert wird, ohne zwischen den Entwicklungsschritten anzutrocknen.

Belichtungsdosis und Entwicklungsrate

Positivlacke

Beim Belichten DNQ-basierter Positivlacke beeinflussen die folgenden Mechanismen die Entwicklungsrate bzw. deren Verlauf während der Entwicklung der Lackschicht:

- Die Konzentration bereits umgewandelten Fotoinitiators sinkt exponentiell gegen Null
- Durch das Bleichen des Lacks erfolgt die Belichtung v. a. bei optisch dicken Lackschichten mit zunehmender Dosis von der Lackoberfläche bis hin zum Substrat
- Die Entwicklungsrate hängt nicht linear, sondern vergleichbar einer Stufenfunktion von der Konzentration umgewandelten Fotoinitiators ab

Abb. 99 zeigt die Auswirkung zunehmender Lichtdosen auf die mittlere Entwicklungsrate einer optisch dünnen (Eindringtiefe des Lichts > Lackschichtdicke) und optisch dicken (Eindringtiefe < Lackschichtdicke) Fotolackschicht: Ab einer bestimmten Lichtdosis ist der Fotoinitiator komplett umgewandelt, die Entwicklungsrate gesättigt. Bei dicken Lackschichten ist die Lackschicht erst ab einer bestimmten Lichtdosis bis zum Substrat durchbelichtet damit durchentwickelbar ist, wie in Abb. 87 auf Seite 79 schematisch dargestellt.

Negativlacke und Umkehrlacke

Die Entwicklungsrate von Negativlacken und Umkehrlacken im Umkehrmodus hängt nur indirekt von der Struktur-gebenden Belichtungsdosis ab, da ja die unbelichteten (Negativlacke) bzw. flutbelichteten (Umkehrlacke) Bereiche entwickelt werden. Diese erhalten jedoch über gebeugtes und gestreutes Licht ebenfalls eine gewisse Dosis, wodurch mit zunehmender Belichtungsdosis v. a. sehr feine Strukturen schwieriger entwickelbar werden. Bei Umkehrlacken ist generell darauf zu achten, dass die Dosis der Flutbelichtung ausreicht, um den Fotoinitiator vollständig umzuwandeln.

Der Abtrag der durch die Fotomaske belichteten Lackbereiche nimmt unterhalb einer bestimmten Lichtdosis deutlich zu, wenn die Quervernetzungs- bzw. Umkehrreaktion nicht mehr vollständig abläuft.

„Surface Inhibition Layer“

Auswirkung

Entwickelte Positivlackstrukturen zeigen manchmal einen Überhang, welcher aus einer an der Lackoberfläche verminderten Entwicklungsrate resultiert.

Mögliche Erklärungsansätze für einen derartigen *surface inhibition layer* (nicht zu verwechseln mit dem bei Umkehrlacken erwünschten, jedoch über die Umkehrreaktion erzielten Unterschnitt) werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Dieser Effekt soll im folgenden hier ohne Anspruch auf Vollständigkeit zusammen mit möglichen Erklärungsansätzen knapp zusammengefasst werden:

Oberflächennahe Quervernetzung

Die beim Belichten mit Hg-Lampen in sehr geringer Intensität auftretende Tief-UV-Strahlung um 250 nm

wie auch Luftsauerstoff brechen in den Phenolharzketten des Harzes im Lack chemische Bindungen auf. Bei nachfolgenden Backschritten (z. B. post exposure bake) können als Folge oberflächennahe Lackbereiche thermisch aktiviert quervernetzen und dabei im Entwickler schwer löslich werden.

Bei nicht extrem hohen Belichtungs Dosen (wie z. B. bei der Prozessierung sehr dicker Lackschichten notwendig) reicht die anteilige Tief-UV-Dosis jedoch nicht zu einem signifikanten Spalten von Phenolharzketten aus, und die hohe Diffusionskonstante von O₂-Molekülen in der Fotolackschicht kann keine thermisch induzierte Oxidation ausschließlich nahe der Oberfläche erklären.

Räumliche Segregation von Lackbestandteilen

Die unterschiedlichen Randbedingungen (polar/unpolar) der Fotolack/Luft und Fotolack/Substrat-Grenzfläche unterstützen eine räumliche Segregation von Harzmolekülen – selektiert nach deren Molekülgröße – und ermöglichen theoretisch die Anhäufung von schwer im Entwickler löslichen Harzkomponenten an der Lackoberfläche.

Auch die Bildung räumlicher Gradienten anderer, die Entwicklungsrate mitbestimmender Lackbestandteile (v. a. die bei der Belichtung gebildete Indenkarbonsäure oder Restlösemittel) werden in Zusammenhang mit dem surface inhibition layer diskutiert.

Verzögerter Entwicklungsstart

Die – manchmal auch mit dem bloßen Auge über ein milchiges Erscheinungsbild beobachtbare – Aufrauung der zu entwickelnden Lackoberfläche während des Entwicklungsstarts vergrößert die Angriffsfläche des Entwicklers und kann darüber die zu Beginn geringe Entwicklungsrate erklären – nicht jedoch die zu Beginn dieses Abschnittes angesprochenen Überhänge im Lackprofil.

Unsere Fotolacke: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

Anwendungsbereiche ¹		Lackserie	Fotolacke	Schichtdicke ²	Empfohlene Entwickler ³	Empfohlene Remover ⁴
Positiv	Hohe Haftung für nasschemisches Ätzen, kein Fokus auf senkrechte Lackflanken	AZ [®] 1500	AZ [®] 1505 AZ [®] 1512 HS AZ [®] 1514 H AZ [®] 1518	≈ 0,5 µm ≈ 1,0 - 1,5 µm ≈ 1,2 - 2,0 µm ≈ 1,5 - 2,5 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] Developer	AZ [®] 100 Remover TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P 1331
		AZ [®] 4500	AZ [®] 4533 AZ [®] 4562	≈ 3 - 5 µm ≈ 5 - 10 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
		AZ [®] P4000	AZ [®] P4110 AZ [®] P4330 AZ [®] P4620 AZ [®] P4903	≈ 1 - 2 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 20 µm ≈ 10 - 30 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
		AZ [®] PL 177	AZ [®] PL 177	≈ 3 - 8 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
	Sprühbelackung	AZ [®] 4999		≈ 1 - 15 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
	Tauchbelackung	MC Dip Coating Resist		≈ 2 - 15 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ [®] ECI 3000	AZ [®] ECI 3007 AZ [®] ECI 3012 AZ [®] ECI 3027	≈ 0,7 µm ≈ 1,0 - 1,5 µm ≈ 2 - 4 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] Developer	
		AZ [®] 9200	AZ [®] 9245 AZ [®] 9260	≈ 3 - 6 µm ≈ 5 - 20 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF	
Hoher Erweichungspunkt und hochauflösend für z. B. Trockenätzen	AZ [®] 701 MiR	AZ [®] 701 MiR (14 cPs) AZ [®] 701 MiR (29 cPs)	≈ 0,8 µm ≈ 2 - 3 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] Developer		
Positiv (chem. verstärkt)	Steile Flanken, hohe Auflösung und großes Aspektverhältnis für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ [®] XT	AZ [®] 12 XT-20PL-05 AZ [®] 12 XT-20PL-10 AZ [®] 12 XT-20PL-20 AZ [®] 40 XT	≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 10 µm ≈ 10 - 30 µm ≈ 15 - 50 µm	AZ [®] 400K, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF	AZ [®] 100 Remover TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P1331
		AZ [®] IPS 6050		≈ 20 - 100 µm		
Image reversal	Hoher Erweichungspunkt und unterschrittene Lackprofile für Lift-off	AZ [®] 5200	AZ [®] 5209 AZ [®] 5214	≈ 1 µm ≈ 1 - 2 µm	AZ [®] 351B, AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF	TechniStrip [®] Micro D2 TechniStrip [®] P1316 TechniStrip [®] P1331
		TI	TI 35ESX TI xLift-X	≈ 3 - 4 µm ≈ 4 - 8 µm		
Negativ (quervernetzend)	Unterschnittene Lackprofile und dank Quervernetzung kein thermisches Erweichen für Lift-off	AZ [®] nLOF 2000	AZ [®] nLOF 2020 AZ [®] nLOF 2035 AZ [®] nLOF 2070	≈ 1,5 - 3 µm ≈ 3 - 5 µm ≈ 6 - 15 µm	AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	TechniStrip [®] NI555 TechniStrip [®] NF52 TechniStrip [™] MLO 07
		AZ [®] nLOF 5500	AZ [®] nLOF 5510	≈ 0,7 - 1,5 µm		
	Hohe Haftung, steile Lackflanken und große Aspektverhältnisse für z. B. Trockenätzen und Galvanik	AZ [®] nXT	AZ [®] 15 nXT (115 cPs) AZ [®] 15 nXT (450 cPs)	≈ 2 - 3 µm ≈ 5 - 20 µm	AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF	
AZ [®] 125 nXT			≈ 20 - 100 µm	AZ [®] 326 MIF, AZ [®] 726 MIF, AZ [®] 826 MIF		

¹ Theoretisch können alle Lacke für nahezu alle Anwendungen eingesetzt werden. Mit dem Anwendungsbereich sind hier die besonderen Eignungen der jeweiligen Lacke gemeint.
² Mit Standardequipment unter Standardbedingungen erzielbare und prozessierbare Lackeschichtdicke. Manche Lacke können für geringere Schichtdicken verdünnt werden, mit entsprechendem Mehraufwand sind auch dickere Lackeschichten erziel- und prozessierbar.
³ Metallionenfremde (MIF-) Entwickler sind deutlich teurer und dann sinnvoll, wenn metallionenfremd entwickelt werden muss.

Unsere Entwickler: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

Anorganische Entwickler

(typischer Bedarf bei Standard-Prozessen: ca. 20 L Entwickler je L Fotolack)

AZ[®] Developer basiert auf Na-Phosphat und Na-Metasilikat, ist auf minimalen Aluminiumabtrag optimiert und wird 1 : 1 verdünnt in DI-Wasser für hohen Kontrast bis unverdünnt für hohe Entwicklungsraten eingesetzt. Der Dunkelabtrag ist verglichen mit anderen Entwicklern etwas höher.

AZ[®] 351B basiert auf gepufferter NaOH und wird üblicherweise 1 : 4 mit Wasser verdünnt angewandt, für Dicklacke auf Kosten des Kontrasts bis ca. 1 : 3

AZ[®] 400K basiert auf gepufferter KOH und wird üblicherweise 1 : 4 mit Wasser verdünnt angewandt, für Dicklacke auf Kosten des Kontrasts bis ca. 1 : 3

AZ[®] 303 speziell für den AZ[®] 111 XFS Fotolack basiert auf KOH / NaOH und wird üblicherweise 1 : 3 - 1 : 7 mit Wasser verdünnt angewandt, je nach Anforderung an Entwicklungsrate und Kontrast.

Metallionenfremde Entwickler (TMAH-basiert)

(typischer Bedarf bei Standard-Prozessen: ca. 5 - 10 L Entwicklerkonzentrat je L Fotolack)

AZ[®] 326 MIF ist eine 2.38 %ige wässrige TMAH- (TetraMethylAmmoniumHydroxid) Lösung.

AZ[®] 726 MIF ist 2.38 % TMAH in Wasser, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates z. B. für die Puddle-Entwicklung.

AZ® 826 MIF ist 2.38 % TMAH in Wasser, mit zusätzlichen Netzmitteln zur raschen und homogenen Benetzung des Substrates z. B. für die Puddle-Entwicklung und weiteren Additiven zur Entfernung schwer löslicher Lackbestandteile (Rückstände bei bestimmten Lackfamilien), allerdings auf Kosten eines etwas höheren Dunkelabtrags.

Unsere Remover: Anwendungsbereiche und Kompatibilitäten

AZ® 100 Remover ist ein Amin-Lösemittel Gemisch und Standard-Remover für AZ® und TI Fotolacke. Zur Verbesserung seiner Performance kann AZ® 100 Remover auf 60 - 80°C erhitzt werden. Da der AZ® 100 Remover mit Wasser stark alkalisch reagiert eignet er sich für diesbezüglich empfindliche Substratmaterialien wie z. B. Cu, Al oder ITO nur wenn eine Kontamination mit Wasser ausgeschlossen werden kann.

TechniStrip® P1316 ist ein Remover mit sehr starker Lösekraft für Novolak-basierte Lacke (u. a. alle AZ® Positivlacke), Epoxy-basierte Lacke, Polyimide und Trockenfilme. Bei typischen Anwendungstemperaturen um 75°C kann TechniStrip® P1316 auch z. B. durch Trockenätzen oder Ionenimplantation stärker quervernetzte Lacke rückstandsfrei auflösen. TechniStrip® P1316 kann auch im Sprühverfahren eingesetzt werden. Nicht kompatibel mit Au oder GaAs.

TechniStrip® P1331 ist im Falle alkalisch empfindlicher Materialien eine Alternative zum TechniStrip® P1316. Nicht kompatibel mit Au oder GaAs.

TechniStrip® NI555 ist ein Stripper mit sehr starker Lösekraft für Novolak-basierte Negativlacke wie dem AZ® 15 nXT und der AZ® nLOF 2000 Serie und sehr dicke Positivlacken wie dem AZ® 40 XT. TechniStrip® NI555 wurde dafür entwickelt, auch quervernetzte Lacke nicht nur abzulösen, sondern rückstandsfrei aufzulösen. Dadurch werden Verunreinigungen des Beckens und Filter durch Lackpartikel und -häutchen verhindert, wie sie bei Standard-Strippern auftreten können. Nicht kompatibel mit GaAs.

TechniClean™ CA25 ist ein Remover für post etch residue (PER) removal. Äußerst effizient beim selektiven Entfernen organo-metallischer Oxide von Al, Cu, Ti, TiN, W und Ni.

TechniStrip™ NF52 ist ein Sehr effizienter Remover für Negativlacke (Flüssiglacke als auch Trockenfilme). Durch seine Zusammensetzung und speziellen Additive kompatibel mit Metallen üblicherweise eingesetzt für BEOL interconnects oder WLP bumping.

TechniStrip™ Micro D2 ist ein Vielseitig einsetzbarer Stripper für Lift-off Prozesse oder generell dem Auflösen von Positiv- und Negativlacken. Seine Zusammensetzung zielt auf eine verbesserte Kompatibilität zu vielen Metallen sowie III/V Halbleitern.

TechniStrip™ MLO 07 Hoch-effizienter Remover für Positiv- und Negativlacke eingesetzt in den Bereichen IR, III/V, MEMS, Photonic, TSV mask und solder bumping. Kompatibel zu Cu, Al, Sn/Ag, Alumina und einer Vielzahl organischer Substrate.

Unsere Wafer und ihre Spezifikationen

Silicium-, Quarz-, Quarzglas und Glaswafer

Silicium-Wafer werden aus über das Czochralski- (CZ-) oder Floatzone- (FZ-) Verfahren hergestellten Einkristallen gefertigt. Die deutlich teureren FZ-Wafer sind in erster Linie dann sinnvoll, wenn sehr hochohmige Wafer (> 100 Ohm cm) gefordert werden welche über das CZ-Verfahren nicht machbar sind.

Quarzwafer bestehen aus einkristallinem SiO₂, Hauptkriterium ist hier die Kristallorientierung bzgl. der Waferoberfläche (z. B. X-, Y-, Z-, AT- oder ST-Cut)

Quarzglaswafer bestehen aus amorphem SiO₂. Sog. JGS2-Wafer sind im Bereich von ca. 280 - 2000 nm Wellenlänge weitgehend transparent, die teureren JGS1-Wafer bei ca. 220 - 1100 nm.

Unsere Glaswafer bestehen wenn nicht anders angegeben aus im Floatverfahren hergestelltem Borosilikatglas.

Spezifikationen

Für alle Wafer relevant sind Durchmesser, Dicke und Oberfläche (1- oder 2-seitig poliert). Bei Quarzglaswafern ist die Frage nach dem Material (JGS1 oder JGS2) zu klären, bei Quarzwafern die Kristallorientierung. Bei Silicium-Wafern gibt es neben der Kristallorientierung (<100> oder <111>) die Parameter Dotierung (n- oder p-Typ) sowie die elektrische Leitfähigkeit (in Ohm cm)

Prime- Test- und Dummy-Wafer

Bei Silicium-Wafern gibt neben dem üblichen „Prime-grade“ auch „Test-grade“ Wafer, die sich meist nur in einer etwas breiteren Partikelspezifikation von Prime-Wafern unterscheiden. „Dummy-Wafern“ erfüllen aus unterschiedlichen Gründen (z. B. sehr breite oder fehlenden Spezifizierung bestimmter Parameter, evtl. auch Reclaim-Wafer und solche völlig ohne Partikelspezifikation) weder Prime- noch Test-grade, können jedoch für z. B. Belackungstests oder das Einfahren von Equipment eine sehr preiswerte Alternative sein.

Unsere Silicium-, Quarz-, Quarzglas und Glaswafer

Eine ständig aktualisierte Liste der aktuell verfügbaren Wafer finden Sie hier:

⇨ www.microchemicals.com/de/produkte/wafer/waferlist.html

Weitere Produkte aus unserem Portfolio

Galvanik

Elektrolyte und Hilfsstoffe für die elektrochemische Abscheidung von z. B. Gold, Kupfer, Nickel, Zinn oder Palladium: ⇨ www.microchemicals.com/de/produkte/galvanik.html

Lösemittel (MOS, VLSI, ULSI)

Aceton, Isopropanol, MEK, DMSO, Cyclopentanon, Butylacetat, u. a.

⇨ www.microchemicals.com/de/produkte/loesungsmittel.html

Säuren und Basen (MOS, VLSI, ULSI)

Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, KOH, TMAH, u. a.

⇨ www.microchemicals.com/de/produkte/saeuren_basen.html

Ätzmischungen

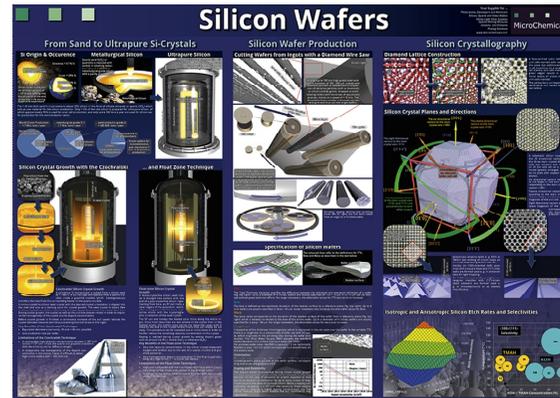
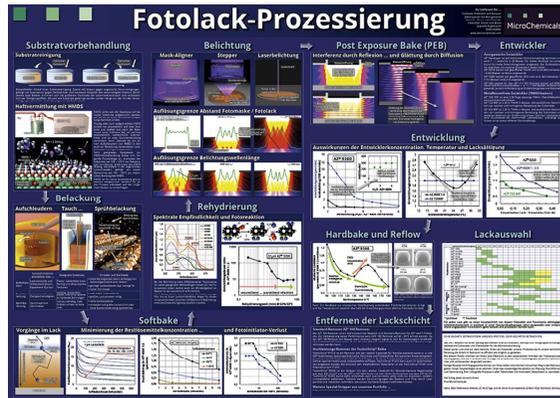
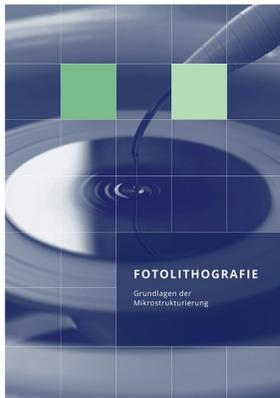
Für z. B. Chrom, Gold, Silicium, Kupfer, Titan, Titan / Wolfram u. a.

⇨ www.microchemicals.com/de/produkte/aetzmischungen.html

Weiterführende Informationen

Technische Datenblätter: www.microchemicals.com/de/downloads/technische_datenblaetter/fotolacke.html
Sicherheitsdatenblätter: www.microchemicals.com/de/downloads/sicherheitsdatenblaetter/sicherheitsdatenblaetter.html

Unsere Lithografiebücher und -Poster



Wir sehen es als unsere Aufgabe, Ihnen möglichst alle Aspekte der Mikrostrukturierung anwendungsorientiert verständlich zu machen.

Diesen Anspruch umgesetzt haben wir derzeit mit unserem Buch **Fotolithografie** auf über 200 Seiten, sowie ansprechend gestalteten DIN A0 **Postern** für Ihr Büro oder Labor.

Beides senden wir Ihnen als unser Kunde gerne gratis zu (ggfalls. berechnen wir für außereuropäische Lieferungen Versandkosten):

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

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

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Gewährleistungs- und Haftungsausschluss & Markenrechte

Alle in diesem Dokument enthaltenen Informationen, Prozessbeschreibungen, Rezepturen etc. sind nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Dennoch können wir keine Gewähr für die Korrektheit der Angaben übernehmen. Insbesondere bezüglich der Rezepturen für chemische (Ätz-)Prozesse übernehmen wir keine Gewährleistung für die korrekte Angabe der Bestandteile, der Mischverhältnisse, der Herstellung der Ansätze und deren Anwendung. Die sichere Reihenfolge des Mischens von Bestandteilen einer Rezeptur entspricht üblicherweise nicht der Reihenfolge ihrer Auflistung.

Wir garantieren nicht für die vollständige Angabe von Hinweisen auf (u. a. gesundheitliche, arbeitssicherheitstechnische) Gefahren, die sich bei Herstellung und Anwendung der Rezepturen und Prozesse ergeben. Die Angaben in diesem Buch basieren im Übrigen auf unseren derzeitigen Erkenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verwender wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Eine Garantie bestimmter Eigenschaften oder die Eignung für einen konkreten Einsatzzweck kann aus unseren Angaben nicht abgeleitet werden. 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. Alle hier vorliegenden Beschreibungen, Darstellungen, Daten, Verhältnisse, Gewichte, etc. können sich ohne Vorankündigung ändern und stellen nicht eine vertraglich vereinbarte Produktbeschaffenheit dar. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Rechtsvorschriften sind vom Verwender unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Merck, Merck Performance Materials, AZ, the AZ logo, and the vibrant M are trademarks of Merck KGaA, Darmstadt, Germany

MicroChemicals GmbH
Nicolaius-Otto-Str. 39
89079, Ulm
Germany

Fon: +49 (0)731 977 343 0
Fax: +49 (0)731 977 343 29
e-Mail: info@microchemicals.net
Internet: www.microchemicals.net